



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KONSEPTUAL KAPAL LOGISTIK PENDUKUNG
BENCANA ALAM DI DAERAH KEPULAUAN : STUDI
KASUS KEPULAUAN KABUPATEN NIAS SELATAN**

I Made Karuna Yuga
NRP. 4110 100 019

Dosen Pembimbing
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
Erik Sugianto, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - MN 141581

**CONSEPTUAL DESIGN OF SUPPLY VESSEL TO
SUPPORT THE NATURAL DISASTER IN ARCHIPELAGO
AREA : CASE STUDY OF SOUTH NIAS DISTRICT**

I Made Karuna Yuga
NRP. 4110 100 019

Supervisor
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
Erik Sugianto, S.T., M.T.

Department of Naval Architecture & Shipbuilding
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN KONSEPTUAL KAPAL LOGISTIK PENDUKUNG
BENCANA ALAM DI DAERAH KEPULAUAN : STUDI
KASUS KEPULAUAN KABUPATEN NIAS SELATAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Transportasi Laut

Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

I MADE KARUNA YUGA

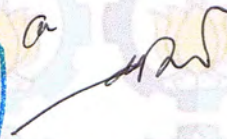
NRP. 4110 100 019

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing



Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
NIP. 19650110 198803 1 001



Erik Sugianto, S.T., M.T.
NIP. 19900104 201404 1 001

SURABAYA, JANUARI 2016

LEMBAR REVISI

DESAIN KONSEPTUAL KAPAL LOGISTIK PENDUKUNG BENCANA ALAM DI DAERAH KEPULAUAN : STUDI KASUS KEPULAUAN KABUPATEN NIAS SELATAN

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir
Tanggal 22 Januari 2016

Bidang Studi Transportasi Laut
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

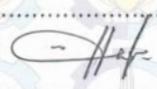
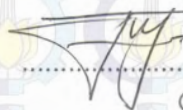
Oleh:

I MADE KARUNA YUGA

NRP. 4110 100 019

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir

1. Dr. Ing. Setyo Nugroho
2. Ferdhi Zulkarnaen, S.T., M.Sc.
3. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Erik Sugianto, S.T., M.T.



SURABAYA, JANUARI 2016

DESAIN KONSEPTUAL KAPAL LOGISTIK PENDUKUNG BENCANA ALAM DI DAERAH KEPULAUAN: STUDI KASUS KEPULAUAN KABUPATEN NIAS SELATAN

Nama Penulis : I Made Karuna Yuga
NRP : 4110 100 019
Jurusan : Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Erik Sugianto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pulau Nias adalah salah satu pulau yang rawan dan rentan terhadap bencana alam, itu terbukti dengan historis gempa yang dialami pada tanggal 28 Maret 2015 yang berkekuatan 8,7 skala Richter yang menyebabkan korban jiwa yang mencapai 138 orang. Selain rawan gempa, Pulau Nias juga rawan terhadap ancaman tsunami yang diawali gempa dengan skala besar. Kabupaten Nias Selatan memiliki empat pulau besar utama yaitu Pulau Tanah Bala, Tanah Massa, Tello dan Pulau Pini. Bentuknya yang berupa kepulauan serta terpisah dari pulau utama yaitu Nias menjadikan pulau – pulau tersebut rawan terhadap kekurangan logistik bencana yang mendasar seperti peralatan kesehatan / *medical kit*, makanan dan juga obat – obatan. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mendapatkan pola operasi distribusi logistik bencana serta menentukan jenis dan ukuran kapal yang paling optimal agar memenuhi jumlah logistik korban terdampak serta waktu distribusi yang sesingkat mungkin. Teori pola operasi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah dengan teori *multiport calling* serta menggunakan metode *Travelling Salesman Problem (TSP)* guna memperoleh rute yang optimal dengan objektif utama adalah minimum waktu. Hasil analisis perhitungan menunjukkan jenis kapal paling sesuai adalah jenis *Landing Craft Tank (LCT)* dengan ukuran optimal panjang (*Lpp*) 64,92 meter, lebar (*Bm*) 14,12 meter, tinggi (*H*) 4,69 meter serta sarat (*T*) 3,13 meter. Rute paling optimal adalah Sibolga (*Homebase*) – Nias Selatan – Pulau Tanahmasa – Pulau Tello – Pulau Pini dan terakhir Pulau Tanah Bala dengan asumsi tidak ada muatan balik. Pola operasi *multicalling port* divariasikan menjadi dua buah skenario yaitu skenario *stand by* dan skenario *immediate respond per supply point*, dimana skenario *stand by* memperoleh biaya transportasi sebesar Rp. 322 juta dengan subsidi sebesar Rp. 72,9 juta per trip saat *load factor* 100%. Skenario *immediate respond per supply point* memperoleh biaya transportasi dan subsidi sebesar Rp. 1 miliar per satu bulan durasi penanganan bencana.

Kata kunci: *Desain Konseptual, Logistik, Transportasi Laut*

CONSEPTUAL DESIGN OF SUPPLY VESSEL TO SUPPORT THE NATURAL DISASTER IN ARCHIPELAGO AREA : CASE STUDY OF SOUTH NIAS DISTRICT

Name : I Made Karuna Yuga
Student : 4110 100 019
Department : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering,
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Supervisor : 1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Erik Sugianto, S.T., M.T.

ABSTRACT

Pulau Nias is one of the most vulnerable and susceptible islands towards natural disaster, this has been proven during previous earthquake recorded on 28 March 2015 at 8.7 Richter scale accounting a number of casualties of 138 persons. Despite its vulnerability, Pulau Nias is also likely to expose threat of tsunami initiated by staggering-scale earthquake. Their archipelago state and are separated from main island (Pulau Nias) addressing those four islands be prone to lacking of essential logistic of disaster such as medical kit, food and medicines as well. This Final Project is aimed to obtaining logistic of disaster distribution pattern and determining ship type and its optimum main dimension for which to fulfilling logistic quantity needed by any casualties as well as truncating distribution time taken. Theories of operation pattern applied within this Final Project were theory of multiport calling and Travelling Salesman Problem (TSP) in which ultimately acquired optimum route alongside with minimum duration as its primary objective. Analysis result had shown the most appropriate ship type is Landing Craft Tank (LCT) with its optimum dimension as follow: length (Lpp) of 64.92 meter, breadth (Bm) of 14.12 meter, height (H) of 4.69 meter and draft (T) of 3.17 meter. Optimum route given is Sibolga (homebase) – Nias Selatan – Pulau Tanahmasa – Pulau Tello – Pulau Pini and culminated in Pulau Tanah Bala with assumption of no load returning. Operation pattern of multicalling port was differed into two scenarios: standby scenario and immediate respond per supply point scenario, which first scenario had generated transport cost at Rp 322 million and subsidy accounted as much as Rp 72.9 million per trip upon 100% load factor. Other scenario had yielded transport cost and subsidy in amount of Rp 1 billion per one-month period of disaster mitigation.

Keyword: *Conseptual Design, Logistic, Sea Transportation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke Hadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas Berkah dan RahmatNya, Tugas Akhir dengan Judul **“Desain Konseptual Kapal Logistik Pendukung Bencana Alam Di Daerah Kepulauan : Studi Kasus Kepulauan Kabupaten Nias Selatan”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Tri Achmadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan masukan kepada penulis selama dalam proses penyusunan Tugas Akhir. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ing Setyo Nugroho selaku dosen wali atas bimbingan dan *support* selama menempuh pendidikan di Program Studi Transportasi Laut.
2. Bapak Erik Sugianto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dua atas masukan, pengarahan dan sarannya.
3. Bapak Kemal Farouk S.Sos Selaku Kasi Logistik yang telah menyediakan waktunya untuk wawancara dengan penulis
4. Keluarga: Bapak terhormat I Nyoman Kendana, Ibunda tercinta Made Resiarini, beserta keluarga besar Tabanan dan Denpasar yang selalu mendukung secara moril maupun materil, serta senantiasa menyertakan doa terbaiknya hingga Penulis bisa menyelesaikan masa perkuliahannya di Kampus Perjuangan ITS.
5. Seluruh teman-teman Seperjuangan di Teknik Perkapalan, CAPTAIN, SEATRANS 2010, atas dukungan dan doanya.
6. Serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Sehingga agar torehan catatan ini dapat lebih bermanfaat, sangat diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan nilai manfaat yang lebih bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
Bab. 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesa Awal.....	4
Bab 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Bencana.....	5
2.1.1 Gempa Bumi.....	6
2.1.2 Tsunami.....	6
2.2 Logistik.....	7
2.1.2 Aktifitas Logistik.....	7
2.2.2 Logistik Bencana.....	8
2.3 Hub Port.....	13
2.4 Travelling Salesman Problem (TSP).....	13
2.5 Konsep Perencanaan Jaringan.....	17
2.5.1 <i>Multiport calling</i>	17
2.6 Kapal <i>General Cargo</i>	17
2.7 Kapal <i>Landing Craft Tank (LCT)</i>	18

2.8	Teori Desain Konseptual Kapal	18
2.8.1	Penentuan Ukuran Utama Kapal	18
2.8.2	Perhitungan Berat Kapal	19
2.8.3	Perhitungan Hambatan Kapal	20
2.8.4	Perhitungan Power Mesin	21
2.8.5	Perhitungan Titik Berat Kapal	22
2.8.6	Perhitungan Trim dan Stabilitas	23
2.8.7	Perhitungan Freeboard	28
2.9	Tinjauan Biaya Pembangunan Kapal	28
2.9.1	Biaya Baja Kapal	29
2.9.2	Biaya Peralatan dan Perlengkapan	30
2.9.3	Biaya Permesinan	31
2.9.4	Biaya Non Berat (Non Weight Cost)	32
2.10	Tinjauan Biaya Transportasi Laut	33
2.10.1	Biaya Modal (Capital Cost)	33
2.10.2	Biaya Operasional (Operational Cost)	34
2.10.3	Biaya Pelayaran (Voyage Cost)	36
2.10.4	Biaya Bongkar Muat (Cargo Handling Cost)	37
Bab. 3	METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1	Diagram Alir Penelitian	39
3.1.1	Tahap Identifikasi Permasalahan	41
3.1.2	Studi Literatur	41
3.1.3	Tahap Pengumpulan Data	41
3.1.4	Tahap Perencanaan Pola Transportasi	42
3.1.5	Tahap Analisis Biaya	42
3.1.6	Tahap Optimasi Ukuran Kapal	42
3.1.7	Tahap Analisis Skenario Pola Operasi Penanganan Bencana	43

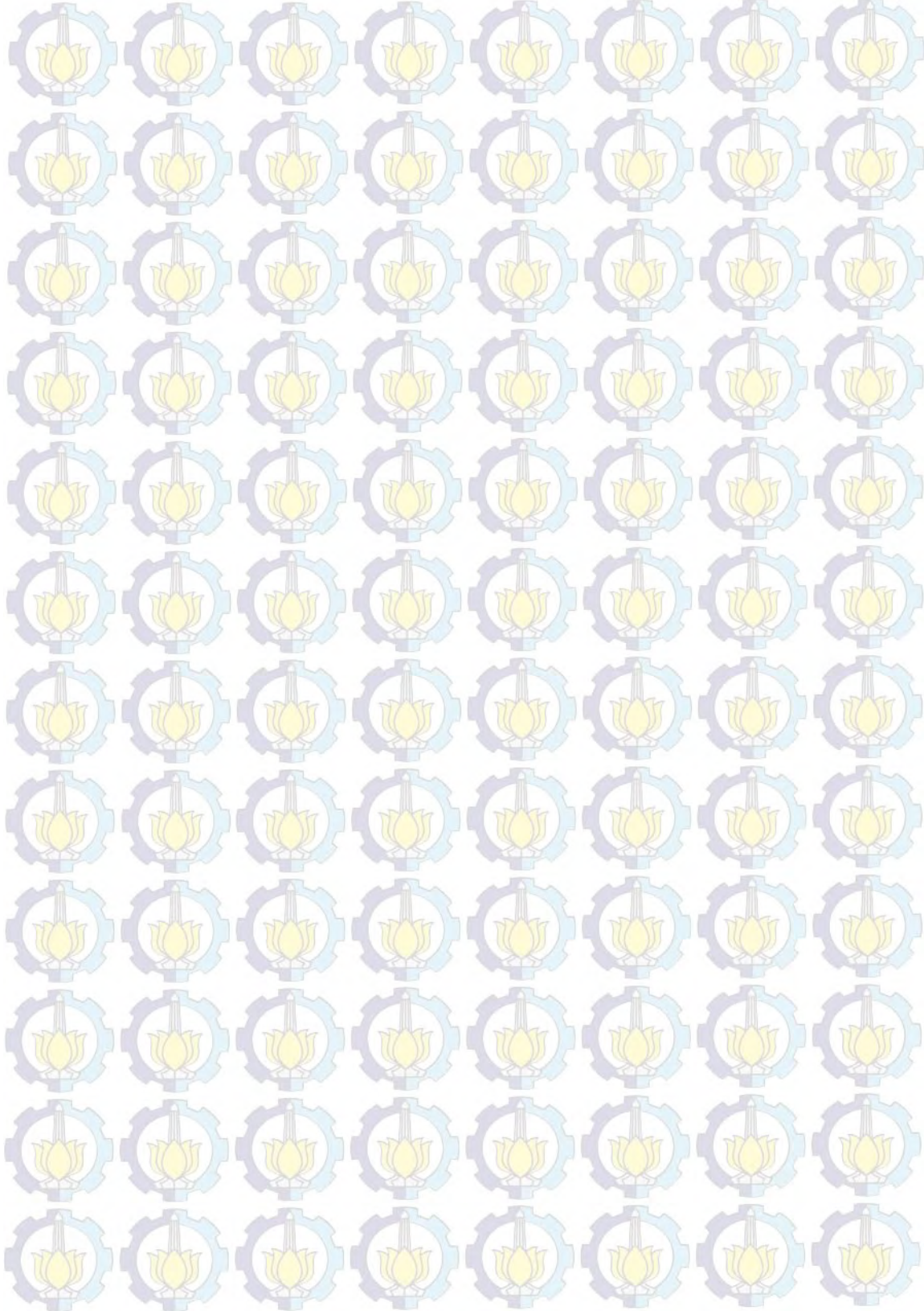
3.1.8	Kesimpulan dan Saran.....	43
Bab. 4	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	45
4.1	Obyek Penelitian.....	45
4.2	Jumlah Penduduk dan Estimasi Kebutuhan Logistik Bencana	48
4.3	Data Kapal Pembanding	56
4.4	Data Mesin Kapal	56
4.5	Data Mesin Bantu	56
4.6	Data Pelabuhan	56
Bab. 5	POLA OPERASI DAN DESAIN KONSEPTUAL.....	59
5.1	Perencanaan Rute Transportasi Laut	59
5.2	Armada	62
5.3	Skenario Periode Suplai.....	62
5.3.1	Kapal 1 Periode (7 Hari)	63
5.3.2	Kapal 1 Periode (5 Hari)	63
5.3.3	Kapal 1 Periode (3 Hari)	64
5.4	Perencanaan Pola Operasi	64
5.4.1	Skenario Pola Operasi <i>Multiport Calling</i>	64
5.5	Model Optimisasi Desain Konseptual	65
5.5.1	Parameter Optimisasi Desain	65
5.5.2	Konstanta Optimasi Desain.....	67
5.5.3	Batasan Optimisasi Desain.....	68
5.6	Analisis Biaya.....	71
5.6.1	Biaya Modal Kapal (<i>Capital Cost</i>).....	71
5.6.2	Biaya Pelayaran (<i>Voyage Costs</i>)	72
5.6.3	Biaya Operasional Kapal (<i>Operational Cost</i>)	73
Bab 6.	Analisa Dan Pembahasan.....	75
6.1	Penentuan Kapal	75

6.1.1	Ukuran Utama Kapal	78
6.1.2	Kelayakan <i>Time to Service</i>	80
6.2	Analisis Teknis Kapal 1 Periode (7 Hari)	81
6.2.1	Hambatan dan Tenaga Mesin	82
6.2.2	Berat dan <i>Displacement</i> Kapal	82
6.2.3	Kesesuaian Hukum Fisika	88
6.2.4	Kesesuaian <i>Freeboard</i>	88
6.2.5	Kesesuaian Stabilitas	89
6.2.6	Kesesuaian Trim	90
6.3	Analisis Teknis Kapal 1 Periode (5 Hari)	92
6.3.1	Hambatan dan Tenaga Mesin	92
6.3.2	Berat dan <i>Displacement</i> Kapal	93
6.3.3	Kesesuaian Hukum Fisika	98
6.3.4	Kesesuaian <i>Freeboard</i>	99
6.3.5	Kesesuaian Stabilitas	100
6.3.6	Kesesuaian Trim	101
6.4	Analisis Biaya Transportasi	103
6.4	Pola Operasi <i>Multiport Calling</i>	105
6.4.1	Skenario Pola Operasi <i>Stand By</i>	107
6.4.2	Skenario <i>Immediate Respond per Supply Point</i>	109
6.5	Analisa Pola Operasi Penanganan Bencana	114
Bab 7.	Kesimpulan dan Saran	119
7.1	Kesimpulan	119
7.2	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Wilayah Kabupaten Nias Selatan	2
Gambar 2.1 Bangunan Runtuh Akibat Gempa.....	6
Gambar 2.2 Ilustrasi Gelombang Tsunami	7
Gambar 2.3 Obat - obatan Berbentuk Tablet, Kapsul dan Sirup.....	9
Gambar 2.4 Paket Medical Kit.....	10
Gambar 2.5 Tenda Pleton.....	11
Gambar 2.6 Beras dalam Kemasan Karung	12
Gambar 2.7 Gula Pasir	12
Gambar 2.8 Susu Bubuk.....	13
Gambar 2.9 Susu Cair	13
Gambar 2.10 Solusi AP dan Solusi TSP Optimal	15
Gambar 2.11 Kapal <i>Landing Craft Tank</i> (LCT) Mengangkut Petikemas.....	18
Gambar 2.12 Grafik Berat Baja.....	29
Gambar 2.13 Grafik Perkiraan Biaya Perlengkapan per ton	31
Gambar 2.14 Perkiraan Biaya Permesinan per ton	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Perhitungan	40
Gambar 4.1 Peta Wilayah Nias Selatan	45
Gambar 4.2 Peta Pulau Tanahmasa.....	46
Gambar 4.3 Peta Pulau Tello.....	47
Gambar 4.4 Peta Pulau Pini.....	47
Gambar 4.5 Peta Pulau Tanah Bala.....	48
Gambar 4.6 Grafik Pertumbuhan Penduduk Tahun 2015 - 2030.....	55
Gambar 5.1 Rute Optimum Pelayaran	62
Gambar 5.2 Pola Jaringan <i>Multiport calling</i>	65
Gambar 6.1 Perancangan Dengan <i>Spiral Design</i>	78
Gambar 6.2 Pengaruh <i>Supply</i> Logistik Terhadap <i>Payload</i> Kapal.....	74
Gambar 6.3 Perbandingan <i>Time to Service</i> 3 Variasi Kapal	76
Gambar 6.4 Presentase Pengurangan <i>Freeboard</i>	84
Gambar 6.5 Presentase Pengurangan <i>Freeboard</i>	94
Gambar 6.6 Grafik <i>Load Factor</i> Terhadap Subsidi.....	105

Gambar 6.7 Grafik Biaya per Titik Suplai Sesuai Durasi Penanganan.....	110
Gambar 6.8 Grafik Pengaruh Durasi Bencana Terhadap Jumlah Trip.....	111
Gambar 6.9 Grafik <i>Opportunity Lost</i> Sesuai Durasi Bencana.....	112



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kebutuhan Logistik Bencana (Orang)	48
Tabel 4.2 Konsumsi Kebutuhan Pokok.....	49
Tabel 4.3 Tabel Spesifikasi Logistik Bencana Sekali Kirim	49
Tabel 4.4 Jumlah Penduduk	50
Tabel 4.5 Jumlah Kelahiran (Natalitas).....	50
Tabel 4.6 Tabel Data Angka Kematian Bayi (AKB)	51
Tabel 4.7 Jumlah Kematian Bayi di Tiap Pulau.....	51
Tabel 4.8 Tabel Data Angka Kematian Balita (AKABA)	52
Tabel 4.9 Jumlah Kematian Bayi di tiap Pulau	52
Tabel 4.10 Tabel Data Angka Kematian Ibu (AKI).....	53
Tabel 4.11 Jumlah Kematian Ibu di tiap Pulau	53
Tabel 4.12 Tabel Proyeksi Jumlah Penduduk Nias Selatan	54
Tabel 4.13 Kebutuhan Logistik Bencana untuk masing – masing Pulau.....	55
Tabel 4.14 Kebutuhan Bahan Pokok tiap Pulau.....	55
Tabel 4.15 Data Pelabuhan tiap Pulau	57
Tabel 5.1 Matriks Waktu Tempuh Antar Pulau	59
Tabel 5.2 Matriks Jarak Antar Pulau.....	60
Tabel 6.1 Parameter Pemilihan Jenis Kapal.....	72
Tabel 6.2 Rekapitulasi Koreksi <i>Freeboard</i>	85
Tabel 6.3 Input Perhitungan Stabilitas	85
Tabel 6.4 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas.....	86
Tabel 6.5 Rekapitulasi Batasan Kapal 1 Periode (7 Hari).....	88
Tabel 6.6 Rekapitulasi Koreksi <i>Freeboard</i>	96
Tabel 6.7 Input Perhitungan Stabilitas	96
Tabel 6.8 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas.....	96
Tabel 6.9 Rekapitulasi Batasan Kapal 1 Periode (5 Hari).....	98
Tabel 6.10 Rekapitulasi Biaya – biaya Kapal 1 Periode (7 Hari)	99
Tabel 6.11 Biaya Transportasi per Trip Kapal 1 Periode (7 Hari).....	99
Tabel 6.12 Rekapitulasi Biaya – biaya Kapal 1 Periode (5 Hari)	100
Tabel 6.13 Biaya Transportasi per Trip Kapal 1 Periode (5 Hari)	100
Tabel 6.14 Dimensi Kapal 1 Periode (5 Hari).....	102

Tabel 6.15 Total Cost Multiport Calling Tahun Pertama.....	106
Tabel 6.16 RTD Untuk Pola Operasi <i>Multiport Calling</i>	107
Tabel 6.17 <i>Revenue</i> Kapal Dengan Muatan Truk Golongan VI B.....	108
Tabel 6.18 Biaya <i>Stand By</i> Kapal.....	108
Tabel 6.19 Nilai Subsidi yang Diterima Sesuai <i>Load Factor</i>	108
Tabel 6.20 RTD Titik Bencana Nias Selatan	110
Tabel 6.21 RTD Titik Bencana P. Tanahmasa	110
Tabel 6.22 RTD Titik Bencana P. Tello.....	111
Tabel 6.23 RTD Titik Bencana P. Pini.....	111
Tabel 6.24 RTD Titik Bencana P. Tanah Bala.....	112
Tabel 6.25 <i>Transportation Cost</i> per Titik Suplai	113
Tabel 6.26 <i>Transportation Cost</i> Setelah Dikurangi <i>Revenue</i>	113
Tabel 6.27 Nilai Subsidi per Titik Terjadinya Bencana	114

Bab. 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang paling rawan bencana alam di dunia demikian menurut United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR; Badan PBB untuk Strategi Internasional Pengurangan Risiko Bencana). Berbagai bencana alam mulai gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, banjir, tanah longsor, kekeringan, dan kebakaran hutan rawan terjadi di Indonesia. Bahkan untuk beberapa jenis bencana alam, Indonesia menduduki peringkat pertama dalam paparan terhadap penduduk atau jumlah manusia yang menjadi korban meninggal akibat bencana alam. Inilah yang menasbihkan Indonesia sebagai negara dengan resiko dan dampak bencana alam tertinggi di dunia.

Dari berbagai jenis bencana alam, *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR) meranking jumlah korban pada 6 jenis bencana alam yang meliputi tsunami, tanah longsor, banjir, gempa bumi, angin topan, dan kekeringan.

Dan dari keenam jenis bencana alam tersebut, Indonesia menduduki peringkat pertama pada dua bencana alam yakni tsunami dan tanah longsor, peringkat ketiga pada gempa bumi, dan peringkat keenam pada banjir. Hanya di dua bencana alam yakni kekeringan dan angin topan, Indonesia ‘absen’. Berikut peringkat negara terdampak bencana alam selengkapnya: Bencana alam tsunami; Dari 265 negara Indonesia peringkat pertama dengan 5.402.239 orang terkena dampaknya. Mengalahkan Jepang (4.497.645 korban), Bangladesh (1.598.546 korban), India (1.114.388 korban), dan Filipina (894.848 korban). Bencana alam tanah longsor; Dari 162 negara Indonesia peringkat pertama dengan 197.372 orang terkena dampaknya. Mengungguli India (180.254 korban), China (121.488 korban), Filipina (110.704 korban), dan Ethiopia (64.470 korban) Bencana alam gempa bumi. Dari 153 negara Indonesia meraih peringkat ketiga dengan 11.056.806 orang terkena dampaknya setelah Jepang (13.404.870) dan Filipina (12.182.454). Dua peringkat di bawah Indonesia adalah China (8.139.068) dan Taiwan masing-masing dengan 8.139.068 dan 6.625.479 korban. Bencana alam banjir; Dari 162 negara Indonesia berada di urutan ke-6 dengan 1.101.507 orang yang terkena dampaknya.

Kabupaten Nias Selatan adalah salah satu kabupaten di Sumatera Utara yang terletak di pulau Nias. Penduduknya berjumlah 275.422 jiwa (Januari 2005). Nias Selatan

sebelumnya adalah bagian dari Kabupaten Nias. Status otonom diperoleh pada 25 Februari 2003 dan diresmikan pada 28 Juli 2003. Kabupaten ini terdiri dari 104 gugusan pulau besar dan kecil. Letak pulau- pulau itu memanjang sejajar Pulau Sumatera. Panjang pulau-pulau itu lebih kurang 60 kilometer, lebar 40 kilometer. Dari seluruh gugusan pulau itu, ada empat pulau besar, yakni Pulau Tanah Bala (39,67 km²), Pulau Tanah Masa (32,16 km²), Pulau Tello (18 km²), dan Pulau Pini (24,36 km²). Tidak seluruh pulau berpenghuni. Masyarakat Nias Selatan tersebar di 21 pulau dalam delapan kecamatan. Pada 28 Maret 2005, gempa melanda kepulauan Nias dengan kekuatan 8,7 skala Richter yang melumpuhkan kegiatan pemerintahan dan pembangunan di daerah tersebut. Dari data bupati Nias Selatan, tercatat sejumlah 5.845 rumah warga hancur, juga 274 tempat ibadah, 20 perkantoran, dan 217 bangunan sekolah di kabupaten Nias Selatan. Sejumlah 138 orang meninggal dunia.



Gambar 1.1 Wilayah Kabupaten Nias Selatan

Distribusi logistik bencana untuk 4 pulau besar yaitu Pulau Tanah Bala, Pulau Tanah Masa, Pulau Tello dan Pini akan susah karena terpisah dari Pulau Nias sendiri sehingga ketersediaan logistik bencana akan terbatas, karena itu diperlukan suatu langkah untuk memecahkan masalah tersebut. Dengan dibuatnya perencanaan pola dan pusat distribusi logistik bencana, diharapkan dapat melancarkan kegiatan distribusi di kedua wilayah kepulauan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan pola operasi distribusi logistik bencana untuk wilayah berbasis kepulauan?
2. Bagaimana menentukan waktu pemenuhan distribusi logistik bencana terhadap titik suplai?
3. Bagaimana menentukan jenis dan ukuran kapal yang sesuai dengan pola transportasi distribusi logistik bencana?

1.3 Tujuan

Tujuan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menentukan pola operasi distribusi logistik bencana untuk wilayah berbasis kepulauan
2. Menentukan waktu pemenuhan distribusi logistik bencana di tiap titik suplai
3. Menentukan jenis dan dimensi kapal yang akan digunakan untuk distribusi logistik bencana

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Dapat memberi referensi mengenai pusat distribusi logistik bencana untuk wilayah berbasis kepulauan
2. Dapat mengetahui pola operasi kapal logistik bencana untuk wilayah berbasis kepulauan.
3. Dapat menentukan ukuran utama kapal pengangkut logistik bencana untuk wilayah berbasis kepulauan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada Pulau Tanah Bala, Pulau Tanahmasa, Pulau Tello dan Pini di Kabupaten Nias Selatan
2. Dari 10 jenis logistik bencana tidak semuanya didistribusikan
3. Tidak menghitung muatan balik.
4. Hanya membahas mengenai analisa pola angkutan.
5. Spesifikasi kapal hanya sebatas pada ukuran utama kapal saja.
6. Tidak menghitung instalasi mesin pendingin di kapal.

1.6 Hipotesa Awal

Dengan perencanaan lokasi distribusi logistik bencana dan perencanaan pola transportasi yang sesuai dengan karakteristik wilayah kepulauan, akan dapat memenuhi kebutuhan logistik bencana di Pulau Tanah Bala, Pulau Tanah Masa, Pulau Tello dan juga Pulau Pini.

Bab 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bencana

Definisi Bencana Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana menyebutkan definisi bencana sebagai berikut: Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Definisi tersebut menyebutkan bahwa bencana disebabkan oleh faktor alam, non alam, dan manusia. Oleh karena itu, Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tersebut juga mendefinisikan mengenai bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial.

1) Bencana Alam

Adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.

2) Bencana Nonalam

Adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.

3) Bencana Sosial

Adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.

Dalam Tugas Akhir kali ini, tidak semua jenis bencana tersebut akan dibahas seperti bencana nonalam dan bencana sosial. Bencana alam yang sering terjadi di wilayah Indonesia adalah gempa bumi, yang nantinya akan menimbulkan peluang terjadinya tsunami, oleh karena itu yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

2.1.1 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang di alami selama periode waktu. Gempa Bumi diukur dengan menggunakan alat Seismometer. Moment magnitudo adalah skala yang paling umum di mana gempa Bumi terjadi untuk seluruh dunia. Skala Rickter adalah skala yang di laporkan oleh observatorium seismologi nasional yang di ukur pada skala besarnya lokal 5 magnitudo. kedua skala yang sama selama rentang angka mereka valid. gempa 3 magnitudo atau lebih sebagian besar hampir tidak terlihat dan besarnya 7 lebih berpotensi menyebabkan kerusakan serius di daerah yang luas, tergantung pada kedalaman gempa. Gempa Bumi terbesar bersejarah besarnya telah lebih dari 9, meskipun tidak ada batasan besarnya. Gempa Bumi besar terakhir besarnya 9,0 atau lebih besar adalah 9,0 magnitudo gempa di Jepang pada tahun 2011 (per Maret 2011), dan itu adalah gempa Jepang terbesar sejak pencatatan dimulai. Intensitas getaran diukur pada modifikasi Skala Mercalli.



Gambar 2.1 Bangunan Runtuh Akibat Gempa

2.1.2 Tsunami

Tsunami adalah gelombang air yang sangat besar yang dibangkitkan oleh macam-macam gangguan di dasar samudra. Gangguan ini dapat berupa gempa

bumi, pergeseran lempeng, atau gunung meletus. Tsunami tidak kelihatan saat masih berada jauh di tengah lautan, namun begitu mencapai wilayah dangkal, gelombangnya yang bergerak cepat ini akan semakin membesar. Tsunami juga sering disangka sebagai gelombang air pasang. Ini karena saat mencapai daratan, gelombang ini memang lebih menyerupai air pasang yang tinggi daripada menyerupai ombak biasa yang mencapai pantai secara alami oleh tiupan angin. Namun sebenarnya gelombang tsunami sama sekali tidak berkaitan dengan peristiwa pasang surut air laut. Karena itu untuk menghindari pemahaman yang salah, para ahli oseanografi sering menggunakan istilah gelombang laut seismik (*seismic sea wave*) untuk menyebut tsunami, yang secara ilmiah lebih akurat.



Gambar 2.2 Ilustrasi Gelombang Tsunami

2.2 Logistik

Pendistribusian suatu komoditi atau barang erat hubungannya dengan proses Logistik. Logistik berkaitan dengan barang, energi, informasi, dan sumber daya lainnya, seperti produk, jasa, dan manusia, dari sumber produksi ke pasar dengan tujuan mengoptimalkan penggunaan modal. Manufaktur dan pemasaran akan sulit dilakukan tanpa dukungan logistik. Logistik juga mencakup integrasi informasi, transportasi, inventori, pergudangan dan juga pemasaran.

2.1.2 Aktifitas Logistik

Ada tiga aktivitas utama dalam sistem logistik, yaitu: pemrosesan pesanan (*order processing*), manajemen persediaan (*inventory management*), dan pengiriman barang (*freight transportation*). Pada aktifitas order processing yang

bergerak adalah informasi. Prosesnya bisa dimulai dari pengisian formulir pemesanan oleh customer, yang selanjutnya dikirim dan diperiksa. Kemudian dilakukan verifikasi ketersediaan barang dan status kredit pemesan yang dilanjutkan dengan perintah pengambilan barang dari tempat penyimpanan atau perintah pembuatan di fasilitas manufaktur. Selanjutnya dilakukan pengemasan dan pengiriman barang yang disertai dengan dokumen pengiriman. Inventory management adalah faktor utama dari perencanaan dan operasi sistem logistik.

Inventory dalam hal ini dapat berupa komponen atau material work in process yang menunggu untuk dibuat atau dirakit, barang jadi yang disediakan untuk dijual, atau barang jadi yang disimpan untuk kebutuhan di masa depan. Tujuan dari aktifitas ini adalah menentukan tingkat persediaan untuk meminimalisasi biaya dengan tetap memenuhi kebutuhan konsumen. Pada aktifitas freight transportation yang bergerak adalah barang dalam beragam bentuk mulai dari bahan mentah, work in process, hingga barang jadi dari satu titik ke titik lain di rantai pasok (supply chain).

2.2.2 Logistik Bencana

Menurut pan american world organization, salah satu cabang regional dari World Health Organization (WHO) di Amerika Serikat, logistik diklasifikan sebagai berikut:

- Medicines (Obat – obatan)
- Health Supplies/ kit (Peralatan kesehatan)
- Water and Environmental Health (kesehatan air dan lingkungan)
- Food (makanan)
- Logistic administration (administrasi logistik, pencatatan)
- Shelter – electrical –construction (tempat tinggal sementara– listrik – bangunan)
- Personal needs / edukasi (kebutuhan personal dan edukasi personal)
- Human resources (sumber daya manusia)

- Agriculture/ livestock (stok pangan)
- Unclassified/ others (lainnya)

Sedangkan yang tergolong dalam logistik medis adalah poin pertama dan kedua yaitu obat – obatan dan peralatan kesehatan. Untuk Tugas Akhir kali ini tidak semua logistik tersebut akan dibahas, logistik yang akan dibahas adalah kebutuhan yang sangat mendasar untuk para korban bencana, adalah sebagai berikut :

1. Obat

Adalah benda atau zat yang dapat digunakan untuk merawat penyakit, membebaskan gejala, atau mengubah proses kimia dalam tubuh. Obat ialah suatu bahan atau paduan bahan-bahan yang dimaksudkan untuk digunakan dalam menetapkan diagnosis, mencegah, mengurangi, menghilangkan, menyembuhkan penyakit atau gejala penyakit, luka atau kelainan badaniah dan rohaniah pada manusia atau hewan dan untuk memperelok atau memperindah badan atau bagian badan manusia termasuk obat tradisional.



Gambar 2.3 Obat - obatan Berbentuk Tablet, Kapsul dan Sirup

2. Peralatan Kesehatan Kesehatan / Medical Kit

Menurut arti katanya sendiri medical kit berarti sebuah peralatan yang berisikan obat – obatan dan juga perban untuk memberikan pertolongan pertama, fungsinya sangat penting yaitu memberikan penanganan pertama pada korban bencana

ataupun kecelakaan agar korban bisa bertahan yang kemudian akan ditangani lebih lanjut nantinya.



Gambar 2.4 Paket Medical Kit

3. Tenda Pleton

Tenda Peleton merupakan tenda yang menjadi Tenda Barak yang dipergunakan oleh TNI/Polri serta dapat difungsikan sebagai tenda untuk pengungsi korban bencana alam. Tenda ini kadang disebut juga dengan tenda pengungsi. karena ukurannya yang masif dan dapat menampung hingga 60 orang untuk ukuran 6m x 14m, dengan desain bahan yang kuat, serta material langka yang baik Tenda ini sangat cocok digunakan untuk Tenda Militer/ Tenda Barak, Tenda Pengungsian, Tenda Darurat Bencana, dll.



Gambar 2.5 Tenda Pleton

Sumber: www.gudangtenda.com

4. Bahan Pokok

Sembilan Bahan Pokok atau sering disingkat Sembako adalah sembilan jenis kebutuhan pokok masyarakat menurut keputusan Menteri Industri dan Perdagangan no. 115/mpp/kep/2/1998 tanggal 27 Februari 1998. Kesembilan bahan pokok tersebut adalah:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1. Beras | 6. Susu |
| 2. Gula pasir | 7. Jagung |
| 3. Buah dan sayur | 8. Minyak tanah |
| 4. Daging sapi | 9. Garam beryodium |
| 5. Minyak goreng | |

Dalam tugas akhir ini, tidak semua bahan pangan akan didistribusikan. Beberapa bahan pangan yang tidak didistribusikan antara lain adalah buah-buahan, sayur-sayuran, daging sapi, minyak goreng, jagung, garam, dan minyak tanah. Komoditi yang akan didistribusikan antara lain adalah:

1. Beras

Beras adalah sumber kalori terpenting penduduk dunia. Manusia mengonsumsi satu per lima kalori dari beras. Indonesia merupakan negara yang menjadikan beras

sebagai makanan pokok, sehingga pasokan beras di Indonesia menjadi sangat penting. Namun, beberapa daerah pelosok Indonesia mengalami kurangnya pasokan beras sehingga menyebabkan harga beras di daerah tersebut menjadi berkali lipat harganya disebabkan kelangkaan beras.



Gambar 2.6 Beras dalam Kemasan Karung

2. Gula pasir

Gula pasir adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula digunakan untuk mengubah rasa menjadi manis dalam makanan atau minuman.



Gambar 2.7 Gula Pasir

3. Susu

Susu adalah cairan bergizi berwarna putih yang dihasilkan oleh kelenjar susu mamalia betina. Susu adalah sumber gizi utama bagi bayi, sebelum mereka dapat

diakhiri dengan kembali ke kota semula. Tujuan yang ingin dicapai adalah agar total waktu atau biaya yang dibutuhkan untuk melakukan perjalanan dapat diminimalkan dan destinasi yang dapat dikunjungi dapat dimaksimalkan.

Secara matematis permasalahan TSP bisa dijelaskan sebagai seorang pedagang yang harus melakukan perjalanan dari kota $1, 2, \dots, n$. Jarak yang harus ditempuh dari kota i ke kota j adalah d_{ij} , untuk $i \neq j = 1$ sampai n . Perjalanan pedagang tersebut ingin memulai perjalanan dari beberapa kota, mengunjungi setiap kota lainnya tepat satu kali dan pada akhirnya kembali ke kota awal dimana pedagang tersebut berangkat. Permasalahannya adalah untuk menentukan urutan optimal dalam melakukan perjalanan sehingga jarak total yang ditempuh menjadi kecil.

Andaikan perjalanan pedagang tersebut berawal dari kota 1. Jika dia melakukan perjalanan dari kota ke kota dalam urutan i to $i + 1$, $i = 1$ sampai $n - 1$, dan kemudian dari kota n ke kota 1, rute ini bisa diwakilkan dengan urutan " $1, 2, \dots, n; 1$." Urutan seperti itu disebut dengan sebuah tur. Jadi sebuah tur memiliki lintasan yang meninggalkan setiap kota tepat sekali. Jadi kota awal bisa saja kota manapun karena masing-masing kota terhubung menjadi satu simpul. Contohnya kota 1, dari kota 1 pedagang bisa pergi ke kota $n - 1$ lainnya. Jadi terdapat $n-1$ cara yang berbeda dimana pedagang bisa memilih kota yang dia kunjungi dari kota 1. Dari kota tersebut pedagang bisa pergi ke salah satu $n-2$ kota yang tersisa. Sehingga jumlah kemungkinan tur dalam n kota TSP adalah $(n-1)(n-2)\dots 1 = (n-1)!$. Model matematis dari TSP bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$x_{ij} \begin{cases} 1, \text{ bila kota } j \text{ dikunjungi dari kota } i \\ 0, \text{ bila tidak} \end{cases} \quad (2.1)$$

Apabila d_{ij} adalah jarak dari kota i ke kota j , model matematika TSP adalah:

$$\text{Minimize } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}, d_{ij} = \infty \text{ untuk semua } i = j \quad (2.2)$$

Subject to:

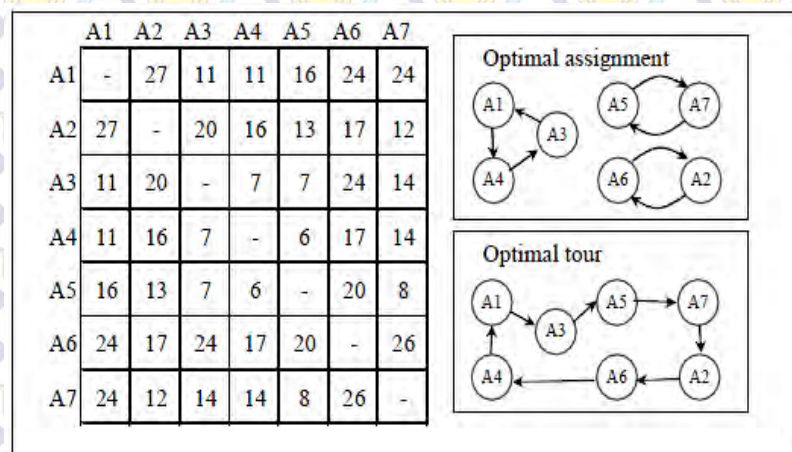
$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

$$x_{ij} = (1,0) \text{ } i,j = 1,2,\dots,n \quad (2.5)$$

Solusi yang layak dari pers. (2.2) sampai (2.5) terdiri dari siklus terarah tunggal yang mengunjungi semua kota. Terdapat $(n-1)!$ Solusi yang layak. Dalam sebuah solusi, perjalanan terjadi dari kota i ke j , $x_{ij} = 1$, dan jarak d_{ij} dihitung; selain itu $x_{ij} = 0$. Sebuah solusi optimum adalah jarak minimum dari siklus Hamiltonian (Jiang, 2010).

Pers. (2.2) sampai (2.5) adalah formula *assignment problem* (AP) klasik untuk TSP. Suatu solusi untuk AP mungkin saja diinterpretasikan sebanyak n jawaban iya sedemikian rupa sehingga setiap kota ditinggalkan dan dikunjungi tepat sekali, tetapi hal tersebut tidak selalu berarti sebuah perjalanan tunggal. Suatu solusi optimasi penugasan bisa saja mempunyai banyak *subtour*. menunjukkan contoh matriks jarak untuk solusi AP optimal, Suatu penugasan optimum (jarak = 79) dan perjalanan optimum (jarak=83) diperlihatkan dalam kotak. Dari kita temukan tiga *subtour* dalam solusi penugasan optimal (Jiang, 2010).



Gambar 2.10 Solusi AP dan Solusi TSP Optimal

Sumber: (Jiang, 2015)

Pers.(2.2) sampai pers. (2.5) tidak cukup untuk menyelesaikan permasalahan TSP. Xie dan Xue menambahkan batasan (*constrain*) tambahan untuk menghindari *subtours* dalam pers. (2.6)

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n-1, 2 \leq i \neq j \leq n \quad (2.6)$$

$$u_i \geq 0, i = 2,3,\dots,n \quad (2.7)$$

u_i adalah urutan tur dari kota I , dalam gambar 2.10, jika kita melakukan perjalanan dari kota 1, urutan tur dari kota 5 adalah 3 dan kota 2 adalah 5. Xie dan Xue membuktikan bahwa semua solusi termasuk subtours tidak memenuhi kendala dan suatu tur tunggal berkelanjutan dibatasi untuk memenuhi kendala. Sehingga permasalahan TSP diubah menjadi *mixed integer linear programming* (MIP) problem (Jiang, 2010).

Dalam tugas akhir ini kendala lain yang harus ditambahkan adalah kendala waktu karena kapal harus melayani beberapa titik dan pada saat tertentu kapal harus kembali lagi melayani titik pertama mensuplai bahan pokok. Batasan waktu ini berupa frekuensi kapal melakukan layanan, contohnya kapal melayani dengan frekuensi 7 hari sekali; hal tersebut mengindikasikan bahwa TRT kapal harus \leq frekuensi suplai yang telah ditentukan. Apabila t_{ij} adalah waktu tempuh dari kota i ke kota j ditambah lama waktu kunjungan di kota j , dan CT adalah batasan waktu kunjungan, maka batasan yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \leq CT \quad (2.8)$$

Setelah ditambahkan batasan waktu maka persamaan TSP untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimize } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}, d_{ij} = \infty \text{ untuk semua } i = j$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \leq CT$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n-1, 2 \leq i \neq j \leq n$$

$$x_{ij} = (1, 0) \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_i \geq 0, i = 2, 3, \dots, n$$

Dalam tugas akhir ini, konsep TSP digunakan untuk menentukan urutan kunjungan kapal dari pelabuhan utama menuju pelabuhan di kepulauan tujuan agar jarak tempuh merupakan jarak terpendek sehingga biaya transportasi dapat diminimalkan.

2.5 Konsep Perencanaan Jaringan

Perencanaan jaringan digunakan untuk menentukan pola jaringan transportasi yang sesuai dengan area studi, yaitu wilayah Kepulauan Kabupaten Nias Selatan. Secara sederhana, perencanaan jaringan adalah pergerakan barang dari titik i menuju titik j .

Dalam tugas akhir ini dilakukan dua jenis perencanaan jaringan, yaitu *multiport calling*.

2.5.1 *Multiport calling*

Dalam konsep ini, 1 buah kapal berlayar dari titik origin ke semua titik destinasi untuk memenuhi semua demand di semua titik tersebut. Kapal berukuran besar (Mother Vessel) akan mengangkut muatan ke seluruh titik tujuan baik itu pelabuhan besar ataupun kecil.

2.6 Kapal *General Cargo*

Kapal *general cargo* merupakan kapal jenis pengangkut barang yang dapat mengangkut beraneka raga barang, baik barang dalam kotak, kemasan, karung, dan lain-lain. Kapal ini umumnya berlayar *tramp* tetapi juga ada yang berlayar secara *liner*. Beberapa kapal *general cargo* memiliki alat bongkar muat di atas kapal (*crane* kapal) untuk memudahkan proses bongkar muat, namun ada beberapa kapal yang tidak memiliki *crane* kapal dengan alasan dapat menambah muatan angkut kapal. Dalam tugas akhir ini diasumsikan pelabuhan tujuan memiliki alat bongkar muat untuk *general cargo*.

Kapal *general cargo* memiliki ruangan-ruangan untuk menyimpan muatan yang disebut palka. Palka ini harus memiliki ventilasi yang baik agar muatan yang didalamnya tidak rusak.

Berikut merupakan pengelompokan kapal *general cargo* menurut kapasitasnya:

- *Small Handy size*, berkapasitas 20.000 – 28.000 DWT.
- *Handy size*, berkapasitas 28.000 – 40.000 DWT.
- *Handymax*, berkapasitas 40.000 – 50.000 DWT.
- *Panamax*, kapal terbesar yang dapat melintasi terusan Panama.

- *Capesize*, kapal lebih besar dari Panamax dan Post-Panamax, yang harus melewati Tanjung Harapan dan Tanjung Hom untuk perjalanan antara samudra

2.7 Kapal *Landing Craft Tank* (LCT)

Kapal ini sebenarnya dipergunakan untuk kepentingan perang yang berfungsi sebagai alat pengangkut tank – tank yang akan berlabuh di pulau yang ditentukan, namun pada masa modern kapal ini lebih difungsikan untuk kegiatan penyebrangan ataupun kegiatan niaga, di Indonesia sendiri kapal ini banyak beroperasi pada rute Ketapang – Gilimanuk. Kapal ini lebih sering dipergunakan untuk mengangkut kendaraan umum, truk barang, ataupun *vehicle carrier*. Dalam pendistribusian logistik bencana ini, kapal ini menjadi alternatif *carrier* untuk membawa muatan logistik dikarenakan kemampuannya untuk bersandar tanpa memerlukan dermaga mengingat pada saat bencana pelabuhan tidak dapat dipergunakan.



Gambar 2.11 Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) Mengangkut Petikemas

2.8 Teori Desain Konseptual Kapal

2.8.1 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal yang optimum bisa didapatkan melalui metode optimasi dengan menggunakan ukuran utama awal (*initial value*) sebagai acuan untuk melakukan perhitungan awal. Ukuran utama awal ini diperoleh dari kapal pembanding.

Adapun ukuran utama awal yang perlu diperhatikan pada kapal pemandang antara lain :

- L_{pp} (*Length between perpendicular*)

Panjang yang diukur antara dua garis tegak, yaitu jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/AP*) dengan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/FP*).

- Loa (*Length overall*)

Panjang seluruhnya, jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan samapai titik terluar belakang kapal.

- B_m (*Breadth moulded*)

Lebar terbesar diukur pada bagian tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal. Khusus untuk kapal-kapal yang terbuat dari kayu, diukur pada sisi terluar kulit kapal.

- H (*Height*)

Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak di sisi kapal.

- T (*Draught*)

Jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai permukaan air.

- DWT (*Deadweight-Ton*)

Berat dalam ton dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis muat musim panas maksimum.

- V_s (*Service Speed*)

Kecepatan dinas adalah kecepatan rata-rata yang dicapai dalam serangkaian dinas pelayaran yang telah dilakukan suatu kapal.

2.8.2 Perhitungan Berat Kapal

Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan formula yang diberikan *David G.M Watson* dalam bukunya *Practical Ship Design*. Perhitungan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah sebagai berikut :

1) Menghitung LWT Kapal

a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si}(\text{Ton}) = K \times E^{1,36} \quad (2.9)$$

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 h_2)\} \quad (2.10)$$

Dimana : K = Koefisien faktor; Untuk tankers = $0,029 \pm 0,035$

l_1, h_1 = panjang dan tinggi bangunan atas

l_2, h_2 = panjang dan tinggi rumah geladak

b. Perhitungan berat perlengkapan (W_{eo}).

$$W_{eo}(\text{Ton}) = [(A_{sp} + A_{dh}) \times C_{alv}] + [A_{md} \times C_{eo}] \quad (2.11)$$

Dimana : A_{sp} = Luas bangunan atas

A_{dh} = Luas rumah geladak

A_{md} = Luas geladak cuaca

C_{alv} = 165 kg/m^2

C_{eo} = 180 kg/m^2

c. Perhitungan berat cadangan

$$W_{res}(\text{Ton}) = (5 - 10)\% \times LWT \quad (2.12)$$

2) Menghitung DWT Kapal

Dalam perencanaan kapal *general cargo* ini, tidak ada perhitungan untuk menentukan besarnya payload karena hal tersebut sudah ditentukan sebelumnya dan menjadi parameter dalam proses optimasi. Maka dalam perhitungan DWT kapal hanya akan dilakukan perhitungan untuk *consumable*. Dalam perhitungan ini hanya akan dipengaruhi oleh besarnya BHP mesin serta jumlah *crew* yang bekerja diatas kapal.

2.8.3 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan dilakukan sesuai dengan formula *Kaparetof* yang diberikan oleh *Henschke* dalam bukunya *Schiffgautechnisches Hanbuch* pada tahun 1957.

1) Perhitungan hambatan air

$$W_{air}(\text{Kg}) = f \cdot S \cdot V^{1,83} + p \cdot F_x \cdot V^2 \quad (2.13)$$

Dimana : f = Konstanta Bahan

= 0,17 untuk baja

= 0,25 untuk kayu

S = Luas permukaan basah $[m^2]$

V = Kecepatan operasi $[knot]$

p = Konstanta bentuk buritan/ haluan

= 30 bila sudut buritan/ haluan adalah 90°

= 25 bila sudut buritan/ haluan adalah 55°

= 20 bila sudut buritan/ haluan adalah 45°

= 16 bila sudut buritan/ haluan adalah $30 - 35^\circ$

F_x = Luas Penampang midship $[m^2]$

2) Perhitungan hambatan udara

$$W_{wind}(Kg) = 0.0041 \cdot (0.3 A_1 + A_2) V_A^2 \quad (2.14)$$

Dimana : A_1 = Luas penampang melintang kapal diatas air $[ft^2]$

A_2 = Luas proyeksi transversal bangunan atas $[ft^2]$

V_A = Kecepatan relatif angin $[ft/detik]$

2.8.4 Perhitungan Power Mesin

Penentuan *power* mesin dilakukan dengan melihat daya yang dibutuhkan (BHP), kemudian menyesuaikan daya mesin yang akan dipasang sesuai dengan katalog mesin yang tersedia. Adapun rumus perhitungan *Brake Horse Power* dapat dilakukan sebagai berikut :

1) EHP (*Effective Horse Power*)

$$P_E(Kw) = R_T \times V_s \quad (2.15)$$

Dimana : R_T = Hambatan Total Kapal $[kn]$

V_s = Kecepatan Dinas Kapal $[Knot]$

2) DHP (*Delivered Horse Power*)

$$P_D(Kw) = \frac{P_E}{\eta_D} \quad (2.16)$$

Dimana : P_E = EHP

η_D = Nilai efisiensi

3) BHP (Brake Horse Power)

$$P_B(Kw) = \frac{P_D}{\eta_s \cdot \eta_{rg}} \quad (2.17)$$

Dimana : $P_D = DHP$

$\eta_s = \text{Shaft Efficiency}$

$= 0.98 - 0.985$

$\eta_{rg} = \text{Reduction Gear Efficiency}$

$= 0.98$

2.8.5 Perhitungan Titik Berat Kapal

Perhitungan titik berat kapal bertujuan untuk mengetahui letak titik berat kapal dari segi horizontal dan vertikal terhadap badan kapal. Perhitungan ini berkaitan dengan analisa stabilitas kapal. Untuk mengetahui titik berat kapal keseluruhan perlu dilakukan perhitungan terhadap titik berat baja kapal, permesinan, peralatan dan perlengkapan, *payload*, dan *consumable*.

1) Perhitungan Titik Berat Baja Kapal

Titik berat baja kapal ditentukan dengan metode pendekatan berdasarkan *Harvald and Jensen Method* yang dikembangkan pada tahun 1992. Perumusannya adalah sebagai berikut :

$$KG(m) = C_{KG} \cdot D_a \quad (2.18)$$

Dimana : C_{KG} = Koefisien titik berat

Tipe Kapal	C_{KG}
Passanger Ship	0,67 – 0,72
Large Cargo Ship	0,58 – 0,64
Small Cargo Ship	0,60 – 0,80
Bulk Carrier	0,55 – 0,58
Tankers	0,52 – 0,54

$C_{KG} = 0,60$

D_A = Tinggi kapal setelah koreksi *Superstructure* dan *Deck House*

$$D_A(m) = D + \frac{V_a + V_{dh}}{L \times B} \quad (2.19)$$

Dimana : V_a = Volume Bangunan Atas $[m^3]$

V_{dh} = Volume *Deck Houses* $[m^3]$

2) Perhitungan Titik berat Permesinan

Titik berat baja permesinan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (H Schneekluth, 1998):

$$KG_m(m) = H_{DB} + 0,35(D - H_{DB}) \quad (2.20)$$

Dimana : H_{DB} = Tinggi *double bottom* $[m]$

3) Perhitungan Titik berat Peralatan dan Perlengkapan

Titik berat baja peralatan dan perlengkapan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (H Schneekluth, 1998):

$$KG_{eo}(m) = (1,02 \sim 1,08) \times D_A \quad (2.21)$$

Diambil = 1,02

4) Perhitungan Titik berat *payload* dan *consumble*

Titik berat *payload* dan *consumable* dapat dihitung berdasarkan letak tangki-tangki *payload* dan *consumable* yang direncanakan.

2.8.6 Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan trim dan stabilitas, selain menjadi bagian dari perhitungan teknis juga menjadi batasan (*constrain*) dalam proses optimasi sehingga dalam setiap iterasi yang terjadi harus selalu menyertakan perhitungan kedua batasan ini. Formula yang digunakan untuk menghitung trim dan stabilitas adalah sebagai berikut :

1) Perhitungan Trim

Batasan trim yang digunakan ditentukan sebesar $\pm 0,5\%$ dari sarat. Rumusan yang digunakan ialah sebagai berikut (Parsons, 2001):

$$\text{Trim (m)} = T_A - T_F = \frac{(\text{LCG} - \text{LCB})L}{\text{GM}_L} \quad (2.22)$$

Dimana : T_A = Sarat di AP [m]

T_F = Sarat di FP [m]

LCG = *Longitudinal Center Gravity* [m]

LCB = *Longitudinal Center Bouyancy* [m]

GM_L = Jarak antara titik berat ke titik metacenter [m]

Besarnya trim yang terjadi pada kapal sangat dipengaruhi oleh berat dan titik berat seluruh komponen yang ada di atas kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengaturan posisi komponen yang memiliki berat diatas kapal sehingga trim yng dihasilkan kecil, bahkan kalau bisa tidak terjadi trim (*even keel*)

2) Perhitungan Stabilitas

Selain trim, persyaratan lain yang harus dipenuhi sebagai *constrain* ialah stabilitas. Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan oleh gaya tertentu. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan "*Intact Stability Code, IMO*". Untuk perhitungannya stabilitas digunakan rumusan yang diberikan oleh *George Manning* dalam bukunya *The Theory and Technique of Ship Design* hal. 251. Penjelasan perhitungan ini dibagi menjadi dua bagian yaitu definisi masukan data dan langkah perhitungan.

Definisi Masukan Data:

L = L_{wl}

B = lebar maksimum

B_w = lebar maksimum waterline

H = B

H = tinggi waterline

T = T (sarat muatan penuh)

D_M = minimum depth

S_F = sheer depan

S_A = sheer belakang

∇_0 = displacement pada waterline [long.ton]

L_d = panjang bangunan atas jika dilihat dari sisi kapal

d = tinggi bangunan atas jika dilihat dari sisi kapal

C_B = koefisien blok

C_W = koefisien waterline pada sarat H

C_X = koefisien midship pada sarat H

= C_m

C_{PV} = koefisien prisma vertikal pada sarat H

$$= \frac{C_B}{C_W}$$

A_0 = luas waterline pada sarat

$$= L \cdot B_w \cdot C_W$$

A_M = luas midship yang tercelup air

$$= B \cdot H \cdot C_X$$

A_2 = luas vertical centerline plane pada depth D

$$= (0.98 \cdot L \cdot D_M) + S$$

S = sheer

= luas centerline plane di atas minimum depth dibagi dengan panjang

$$= (L_d \cdot d) + \left[\frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{S_F}{3} \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{S_A}{3} \right) \right]$$

D = depth

$$= \left(\frac{S}{L} \right) + D_M$$

F = freeboard

$$= D - H$$

A_1 = luas waterline pada depth D yang diestimasi dari A_0 dan station dasar dibawah waterline

$$= 1.01 \cdot A_0$$

Langkah Perhitungan :

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left(\frac{(A_0 + A_1)}{2} \left(\frac{F}{35} \right) \right)$$

$$\delta = \left(\frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0$$

$$C_W' = \frac{A_2}{L.D} \quad C_W'' = C_W' - \frac{140\delta}{B.D.L} (1 - C_{PV}'')$$

$$C_X' = \frac{A_M - B.F}{B.D} \quad C_{PV}' = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$C_{PV}'' = \frac{35\Delta_T}{A_2 B}$$

$$GG' = KG' - KG$$

$$KG = C_{KG} \cdot D_M$$

$$KG' = \frac{D(1-h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0}$$

$$h_1 = -0.4918 \cdot (C_{PV}')^2 + 1.0632 C_{PV}' - 0.0735$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A – 14, *The Theory and Technique of Ship Design*, harga h_1 didapat dari perpotongan antara C_{PV}' dengan grafik f_1]

$$f_1 = \frac{D \left(1 - \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV}')}$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

$$KB_0 = (1-h_0) \cdot H$$

$$h_0 = 0.335 C_{PV} + 0.1665$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , *The Theory and Technique of Ship Design*, Harga h_0 didapat dari perpotongan antara C_{PV} dengan grafik f_0]

$$f_0 = \frac{H \left(\left(\frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})}$$

$$G'B_{90} = \left(\frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left(\frac{17.5\delta^2}{\Delta_0 \left(A_2 - 70 \left(\frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV}'') \right)} \right)$$

$$h_2 = -0.4918 \cdot (C_{PV}'')^2 + 1.0632 \cdot C_{PV}'' - 0.0735$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , *The Theory and Technique of Ship Design*, harga h_2 didapat dari perpotongan antara C_{PV}'' dengan grafik f_2]

$$f_2 = \begin{cases} 9.1 (C_X' - 0.89) & \Rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_X' < 0.89 \end{cases}$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L \cdot B w^3}{35 \Delta_0}$$

$$C_1 = 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A – 15, *The Theory and Technique of Ship Design*, harga C_1 didapat dari perpotongan antara line 1 dengan C_w]

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$BM_{90} = \left(\frac{C_1' LD^3}{35 \Delta_0} \right) + \left(\frac{L_d d D^2}{140 \Delta_0} \right)$$

$$C_1' = 0.1272 C_w'' - 0.0437$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A – 15 line 2 , *The Theory and Technique of Ship Design*. Harga C_1' didapat dari perpotongan antara line 2 dengan C_w'']

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

$$\phi = 0 \sim 90^\circ$$

$$G'Z' = b_1 \cdot \sin 2\phi + b_2 \cdot \sin 4\phi + b_3 \cdot \sin 6\phi$$

$$b_1 = \left(\frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) - \left(\frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \right)$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$b_3 = \left(\frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left(\frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right)$$

Sebagai batasan stabilitas dalam tugas akhir ini, digunakan regulasi dan persyaratan stabilitas yang ditetapkan oleh IMO. Beberapa ketentuan tersebut antara lain (IMO, 2002) :

- $E \ 0 \sim 30^\circ \geq 0,055 \text{ m.rad}$

luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 30^0 lebih dari 0,055 meter.radian

- $E 0 \sim 40^0 \geq 0,09 \text{ m.rad}$

Luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 40^0 lebih dari 0,09 meter.radian

- $E 30^0 \sim 40^0 \geq 0,03 \text{ m.rad}$

luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^0 \sim 40^0$ lebih dari 0,03 meter.radian

- $h 30^0 \geq 0,2 \text{ m}$

lengan penegak GZ paling sedikit 0,2 meter pada sudut oleng 30^0 atau lebih.

- $GM 0 \geq 0,15 \text{ m}$

Tinggi metacenter awal tidak boleh kurang dari 0,15 meter

2.8.7 Perhitungan Freeboard

Lambung timbul (freeboard) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan baik itu mengangkut muatan barang maupun penumpang. Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul ini antara lain untuk kapal yang berlayar hanya diperairan Indonesia dapat mengacu rumusan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985. Selain itu, terdapat peraturan Internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi Internasional yaitu ILLC (International Load Line Convention) tahun 1966 di kota London. Hasil dari konferensi ini ialah aturan lambung timbul minimum (Freeboard standard) sesuai dengan panjang dan jenis kapal. Peraturan ini juga dilengkapi dengan koreksi-koreksi penentuan freeboard dari nilai awal seperti koreksi panjang kapal, koefisien blok, tinggi kapal, bangunan atas, koreksi sheer, dan koreksi minimum bow height. Peraturan ini harus dipenuhi pada saat perencanaan kapal agar kapal mendapat pengakuan dari lembaga berwenang sekaligus mendapatkan ijin untuk beroperasi.

2.9 Tinjauan Biaya Pembangunan Kapal

Persoalan perencanaan kapal ditinjau dari segi ekonomis dilakukan dengan membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga hambatan (*resistance*) kapal menjadi kecil dan tenaga mesin yang diperlukan untuk menggerakkannya juga semakin

kecil. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal, perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal. Biaya investasi kapal dibagi menjadi 5 bagian yaitu (Watson, 1998) :

- Biaya baja kapal (*structural cost*)
- Biaya peralatan dan perlengkapan kapal (*outfit cost*)
- Biaya permesinan kapal (*machinery cost*)
- *Non weight cost*
- Koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah

2.9.1 Biaya Baja Kapal

Estimasi biaya dari berat baja kapal didapatkan dari rumus yang diberikan Watson yaitu sebagai berikut :

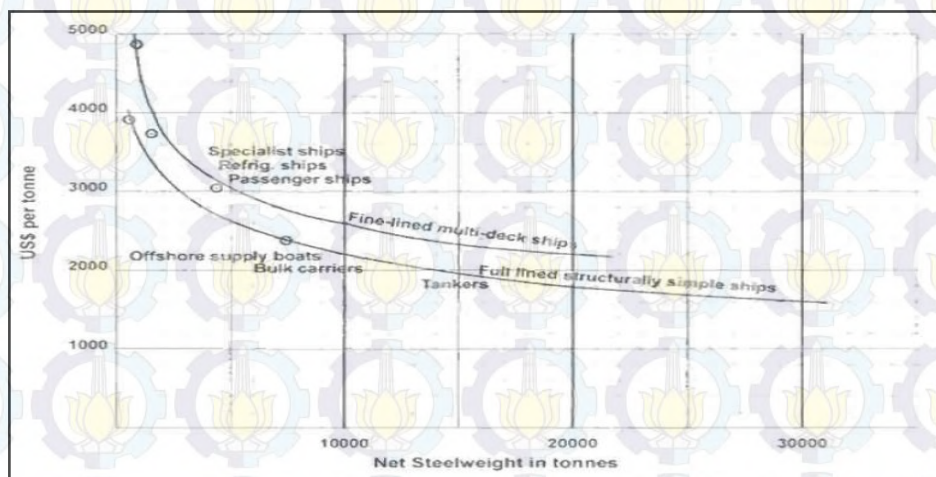
$$P_{St} \text{ (US \$)} = W_{St} \cdot C_{St} \quad (2.23)$$

Dimana :

W_{St} = berat baja kapal

C_{St} = pendekatan biaya berat baja per ton

Nilai C_{St} didapat melalui pendekatan grafik yang diberikan oleh Watson dalam buku *practical ship design*. Berikut merupakan grafik nilai C_{St} tersebut:



Gambar 2.12 Grafik Berat Baja

Sumber: (Watson, 1998)

Hasil regresi :

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0.0000000000$$

$$b = -0.0000000011$$

$$c = 0.0000297990$$

$$d = -0.3899111919$$

$$e = 3972.1153341357$$

C_{ST} tersebut dihitung berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan *overhead*. Tentunya grafik biaya ini patut dipertanyakan validitasnya terhadap harga baja saat ini sehingga perlu dilakukan analisis sensitivitas apabila terjadi perubahan harga.

2.9.2 Biaya Peralatan dan Perlengkapan

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya perlengkapan (P_{E&O}) adalah sebagai berikut:

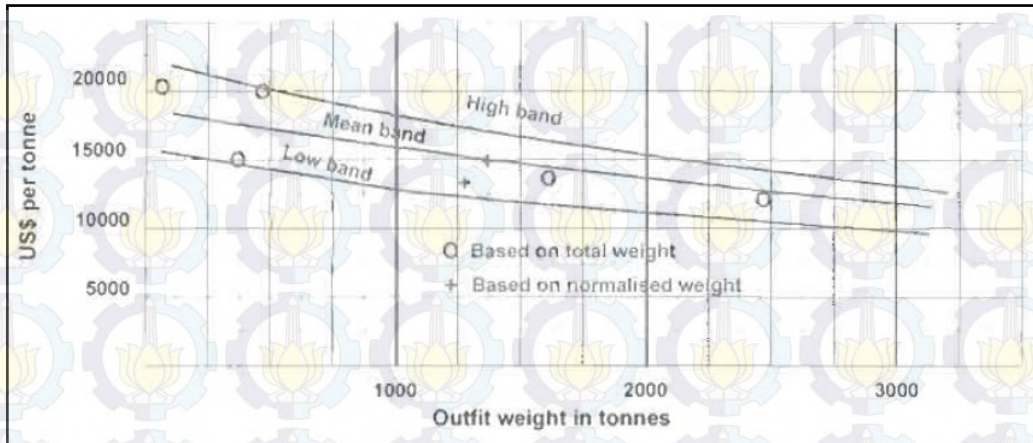
$$P_{E\&O}(\text{US \$}) = W_{E\&O} \cdot C_{E\&O} \quad (2.24)$$

Dimana:

$W_{E\&O}$ = berat perlengkapan dan peralatan

$C_{E\&O}$ = pendekatan biaya berat perlengkapan per ton

$C_{E\&O}$ berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material tenaga kerja dan overhead. $C_{E\&O}$ diperoleh dari regresi grafik pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Grafik Perkiraan Biaya Perlengkapan per ton

Sumber: (Watson, 1998)

Hasil regresi :

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0$$

$$b = -0.0000001095$$

$$c = 0.0004870798$$

$$d = -3.1578067922$$

$$e = 18440.6636505112$$

2.9.3 Biaya Permesinan

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya permesinan (P_{ME}) adalah sebagai berikut:

$$P_{ME}(\text{US \$}) = W_{ME} \cdot C_{ME} \quad (2.25)$$

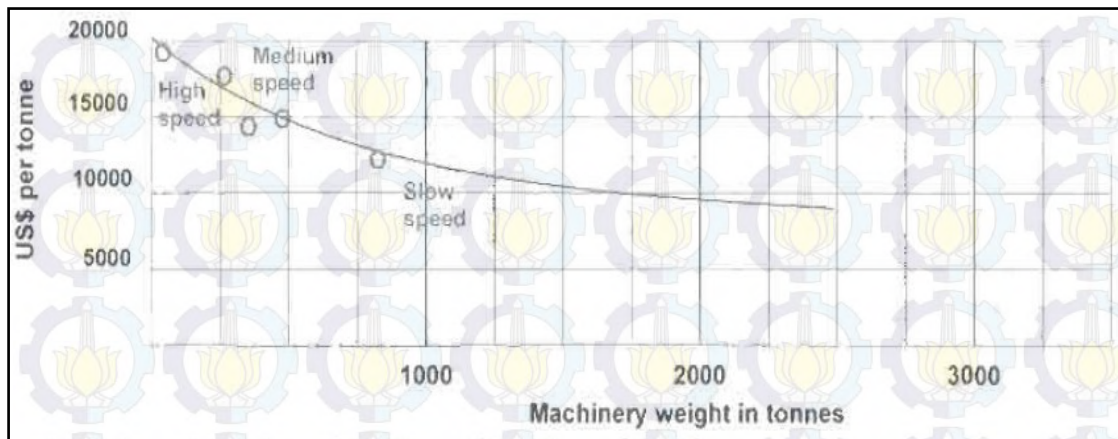
Keterangan:

W_{ME} = berat permesinan

C_{ME} = pendekatan biaya berat permesinan per ton

C_{ME} berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan *overhead*. C_{ME} diperoleh dari regresi grafik pada gambar

2.14



Gambar 2.14. Perkiraan Biaya Permesinan per ton

Sumber: (Watson, 1998)

Hasil regresi :

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = -0.0000000001$$

$$b = -0.0000002814$$

$$c = 0.0041959716$$

$$d = -11.6043551506$$

$$e = 20016.8963585246$$

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, biaya permesinan dihitung berdasarkan harga mesin dan genset yang dibutuhkan.

2.9.4 Biaya Non Berat (Non Weight Cost)

Biaya ini merupakan biaya-biaya uang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya. Contohnya :

1. Biaya untuk *drawing office labour and overhead*.
2. Biaya untuk biro klasifikasi dan Departemen Perhubungan.
3. Biaya consultan.
4. Biaya *tank test*.
5. *Models cost*
6. *Launch expenses*
7. *Drydock cost*
8. *Pilotage*
9. *Trial cost*.
10. Asuransi

11. Biaya lain – lain.

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya non berat (P_{NW}) adalah sebagai berikut:

$$P_{NW} \text{ (US \$)} = C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME}) \quad (2.26)$$

Keterangan:

C_{NW} = biaya non berat, biasanya 7.5% - 12%.

Sehingga Total Biaya adalah:

$$\text{Total Cost (US \$)} = P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW} \quad (2.27)$$

2.10 Tinjauan Biaya Transportasi Laut

Teori biaya transportasi laut digunakan untuk menghitung besarnya biaya-biaya yang timbul akibat pengoperasian kapal pengangkut bahan pokok. Untuk mengoperasikan kapal dibutuhkan biaya yang biasa disebut dengan biaya berlayar kapal (*shipping cost*) (Stopford, 1997) (Wijnolst & Wergeland, 1997). Secara umum biaya tersebut meliputi biaya modal, biaya operasional, biaya pelayaran dan biaya bongkar muat. Biaya-biaya ini perlu diklasifikasikan dan dihitung agar dapat memperkirakan tingkat kebutuhan pembiayaan kapal untuk kurun waktu tertentu (umur ekonomis kapal tersebut).

Terdapat empat kategori biaya dalam pengoperasian kapal yang harus direncanakan seminimal mungkin (Wijnolst & Wergeland, 1997) (Stopford, 1997), yaitu:

1. Biaya modal (*capital cost*)
2. Biaya operasional (*operational cost*)
3. Biaya pelayaran (*voyage cost*)
4. Biaya bongkar muat (*cargo handling cost*)

2.10.1 Biaya Modal (Capital Cost)

Biaya modal adalah harga kapal ketika dibeli atau dibangun. Biaya modal disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pengembalian modal tergantung bagaimana pengadaan kapal tersebut, Pengembalian nilai capital ini direfleksikan sebagai pembayaran tahunan. Nilai biaya modal secara kasar dapat dihitung dari pembagian biaya investasi dengan perkiraan umur ekonomis kapal.

2.10.2 Biaya Operasional (Operational Cost)

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Yang termasuk dalam biaya operasional adalah biaya ABK, perawatan dan perbaikan kapal, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Rumus untuk biaya operasional adalah sebagai berikut :

$$OC = M + ST + MN + I + AD \quad (2.28)$$

Keterangan:

OC = operation cost

M = manning cost

ST = store cost

I = insurance cost

AD = administration cost

1. Manning cost

Manning cost (crew cost) adalah biaya-biaya langsung maupun tidak langsung untuk anak buah kapal termasuk di dalamnya adalah gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun. Besarnya *crew cost* ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja yang tergantung pada ukuran teknis kapal. Struktur kerja pada sebuah kapal biasanya dibagi menjadi 3 departemen, yaitu *deck departemen*, *engine departemen*, dan *catering departemen*.

2. Store, supplies and lubricating oils

Jenis biaya ini dikategorikan menjadi 3 macam yaitu *marine stores* (cat, tali, besi), *engine room stores (spare part, lubricating oils)*, dan *steward's stores* (bahan makanan).

3. Maintenance and repair cost

Maintenance and repair cost merupakan biaya perawatan dan perbaikan yang mencakup semua kebutuhan untuk mempertahankan kondisi kapal agar sesuai dengan standart kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi. Nilai

maintenance and repair cost ditentukan sebesar 16% dari biaya operasional (Stopford, 1997). Biaya ini dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

a. Survey klasifikasi

Kapal harus menjalani *survey regular dry docking* tiap dua tahun dan *special survey* tiap empat tahun untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi.

b. Perawatan rutin

Perawatan rutin meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu, cat, bangunan atas dan pengedokan untuk memelihara lambung dari pertumbuhan biota laut yang bisa mengurangi efisiensi operasi kapal. Biaya perawatan ini cenderung bertambah seiring dengan bertambahnya umur kapal.

c. Perbaikan

Biaya perbaikan muncul karena adanya kerusakan kapal secara tiba-tiba dan harus segera diperbaiki.

4. *Insurance cost*

Insurance cost merupakan biaya asuransi, yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggungan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Semakin tinggi resiko yang dibebankan, semakin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga mempengaruhi biaya premi asuransi, yaitu biaya premi asuransi akan dikenakan pada kapal yang umurnya lebih tua. Terdapat dua jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu *hull and machinery insurance* dan *protection and indemnity insurance*. Nilai asuransi kapal ditentukan sebesar 30% dari total biaya operasional kapal (Stopford, 1997).

5. Administrasi

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusannya, biaya pengurusan ijin kepelabuhan maupun fungsi administratif lainnya. Biaya ini juga disebut biaya *overhead* yang besarnya tergantung dari besar kecilnya perusahaan dan jumlah armada yang dimiliki.

2.10.3 Biaya Pelayaran (Voyage Cost)

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen biaya pelayaran adalah bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, biaya pelabuhan, biaya pandu dan tunda. Rumus untuk biaya pelayaran adalah :

$$VC = FC + PC \quad (2.29)$$

Keterangan:

$VC = \text{voyage cost}$

$PC = \text{port cost}$

$FC = \text{fuel cost}$

- *Port cost*

Pada saat kapal dipelabuhan, biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charges*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan, dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung volume dan berat muatan, GRT dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai kapal selama dipelabuhan, yaitu jasa pandu dan tunda, jasa labuh, dan jasa tambat.

- *Fuel cost*

Konsumsi bahan bakar kapal tergantung dari beberapa variabel seperti ukuran, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan, cuaca, jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, jenis dan kualitas bahan bakar. Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar di laut dan di pelabuhan dan harga bahan bakar. Terdapat tiga jenis bahan bakar yang dipakai, yaitu HSD, MDO, dan MFO. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan yang diberikan oleh Parson (2003), yaitu:

$$W_{FO} = SFR * MCR * \text{range} / \text{speed} * \text{margin} \quad (2.30)$$

Keterangan:

W_{FO} = konsumsi bahan bakar/jam

$SFR = \text{Specific Fuel Rate (t/kWhr)}$

$MCR = \text{Maximum Continuous Rating of main engine(s) (kW)}$

2.10.4 Biaya Bongkar Muat (Cargo Handling Cost)

Tujuan dari kapal niaga adalah memindahkan muatan dari pelabuhan yang berbeda. Untuk mewujudkan hal tersebut, muatan harus dipindahkan dari kapal ke dermaga ataupun sebaliknya, atau dari kapal ke kapal atau tongkang. Biaya yang harus dikeluarkan untuk memindahkan itulah yang dikategorikan sebagai biaya bongkar muat.

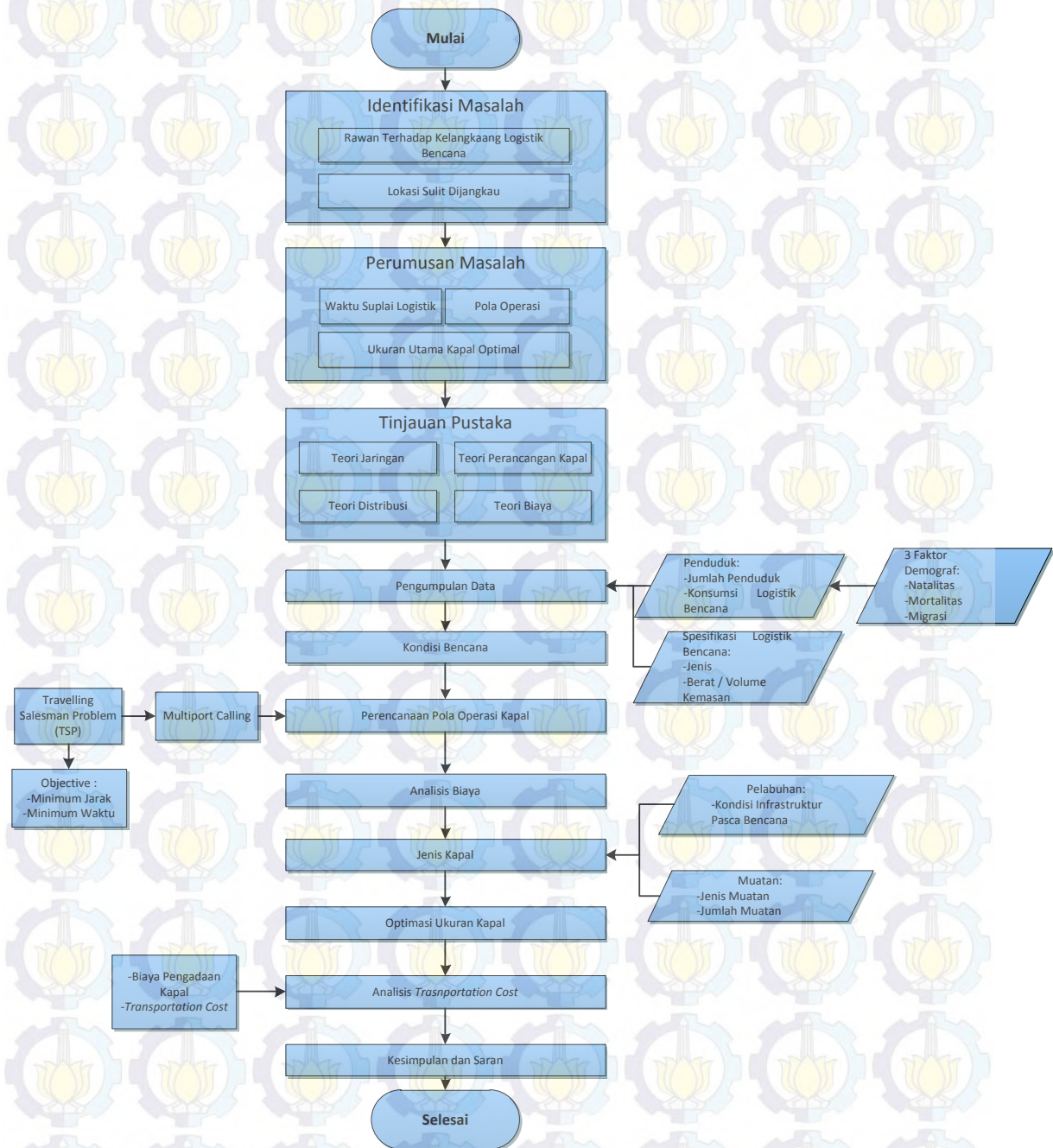
Biaya bongkar muat ditentukan oleh beberapa faktor, seperti jenis komoditi (minyak, bahan kimia, batubara, gandum, hasil hutan, peti kemas), jumlah muatan, jenis kapal, dan karakteristik dari terminal dan pelabuhan. Proses bongkar muat kapal di terminal dilakukan oleh perusahaan bongkar muat atau oleh penerima atau pengirim muatan.



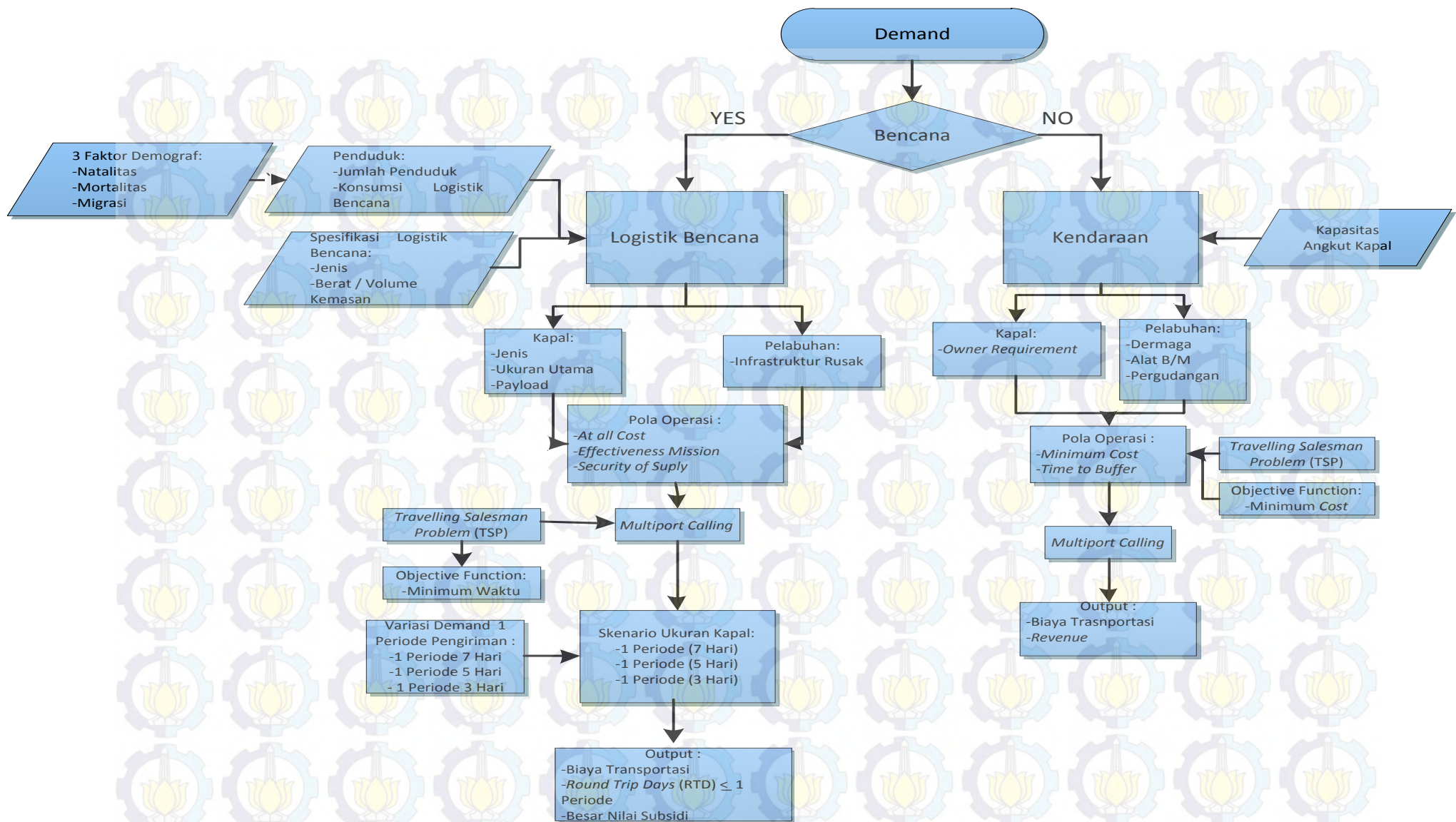
Bab. 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram Penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Diagram Alir Pengerjaan Perhitungan

Prosedur pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.1 yaitu sebagai berikut :

1. Tahap Identifikasi Permasalahan
2. Tahap Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur
3. Tahap Pengumpulan Data
4. Tahap Perencanaan Pola Jaringan Operasi
5. Tahap Analisis Biaya
6. Tahap Optimasi Ukuran Kapal
7. Tahap Analisis Aliran Kas
8. Kesimpulan dan Saran

3.1.1 Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan dari tugas akhir ini. Permasalahan yang timbul disebabkan oleh rentannya daerah kepulauan Kabupaten Nias Selatan terhadap bencana alam seperti gempa dan juga potensi tsunami, oleh karena itu untuk meminimalisir korban diperlukan tindakan pasca bencana dengan memenuhi logistik bencana untuk para korban. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu solusi dari permasalahan tersebut dengan menentukan pola jaringan operasi kapal untuk memasok logistik bencana dengan waktu pengiriman sesingkat dan sesegera mungkin karena sifatnya yang darurat (urgent). Dalam penelitian ini akan ditentukan skenario penanganan bencana yang paling tepat.

3.1.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan pada tugas ini. Materi-materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah teori gravitasi, *traveling salesman problem*, teori pola jaringan operasi kapal, perencanaan kapal, teori biaya dan teori analisa aliran kas.

3.1.3 Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam tugas ini adalah metode pengumpulan data secara langsung (*primer*), dan tidak langsung (*sekunder*). Pengumpulan data ini

dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

1. Data kependudukan Kepulauan Kabupaten Nias Selatan Tahun 2011-2015
2. Peta Kabupaten Nias Selatan
3. Konsumsi bahan pangan penduduk untuk setiap komoditi per orang per hari.
4. Jenis bantuan logistik bencana sesuai standar Badan Penanggulangan Bencana Nasional (BNPB)
5. Spesifikasi Logistik Bencana
6. Data Pelabuhan yang tersedia di kepulauan Kabupaten Nias Selatan
7. Data kapal pembanding .
8. Data mesin utama dan mesin bantu kapal.

3.1.4 Tahap Perencanaan Pola Transportasi

Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis pola jaringan operasi. Konsep yang pertama adalah logistik bencana didistribusikan dari pelabuhan Sibolga langsung menuju pelabuhan-pelabuhan atau pulau – pulau di Kepulauan Kabupaten Nias Selatan tanpa adanya *hub port*. Konsep yang kedua adalah logistik bencana didistribusikan dari pelabuhan Sibolga dengan menggunakan *mother vessel* menuju satu pelabuhan yang dipilih untuk menjadi *hub port* di masing-masing Kepulauan Kabupaten Nias Selatan dan kemudian didistribusikan menggunakan *feeder vessel* menuju pelabuhan lainnya. Kedua konsep pola operasi ini akan dibandingkan dan dievaluasi dari struktur biaya, rute, dan waktu suplai.

3.1.5 Tahap Analisis Biaya

Dalam tahap ini, analisis biaya dilakukan untuk mengetahui *capital cost*, *operational cost*, *voyage cost* dan *cargo handling cost* untuk setiap konsep pola jaringan yang telah dijelaskan diatas.

3.1.6 Tahap Optimasi Ukuran Kapal

Pada tahap ini dilakukan penentuan ukuran utama berdasarkan model optimisasi perancangan kapal. Hasil dari tahap ini adalah adanya ukuran utama kapal yang akan digunakan.

3.1.7 Tahap Analisis Skenario Pola Operasi Penanganan Bencana

Tahap analisis skenario penanganan bencana dilakukan untuk menentukan kelayakan penerapan konsep kapal pengangkut bahan pokok serta pola jaringan yang terbaik.

3.1.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil analisis yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.



Bab. 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Obyek Penelitian

A. Nias Selatan

Kabupaten Nias Selatan adalah salah satu kabupaten di Sumatera Utara yang terletak di pulau Nias. Penduduknya berjumlah 275.422 jiwa (Januari 2005). Nias Selatan sebelumnya adalah bagian dari Kabupaten Nias. Status otonom diperoleh pada 25 Februari 2003 dan diresmikan pada 28 Juli 2003. Kabupaten ini terdiri dari 104 gugusan pulau besar dan kecil. Letak pulau-pulau itu memanjang sejajar Pulau Sumatera. Panjang pulau-pulau itu lebih kurang 60 kilometer, lebar 40 kilometer. Dari seluruh gugusan pulau itu, ada empat pulau besar, yakni Pulau Tanah Bala (39,67 km²), Pulau Tanah Masa (32,16 km²), Pulau Tello (18 km²), dan Pulau Pini (24,36 km²). Tidak seluruh pulau berpenghuni. Masyarakat Nias Selatan tersebar di 21 pulau dalam delapan kecamatan.

Pada 28 Maret 2005, gempa melanda kepulauan Nias dengan kekuatan 8,7 skala Richter yang melumpuhkan kegiatan pemerintahan dan pembangunan di daerah tersebut. Dari data bupati Nias Selatan, tercatat sejumlah 5.845 rumah warga hancur, juga 274 tempat ibadah, 20 perkantoran, dan 217 bangunan sekolah di kabupaten Nias Selatan. Sejumlah 138 orang meninggal dunia.

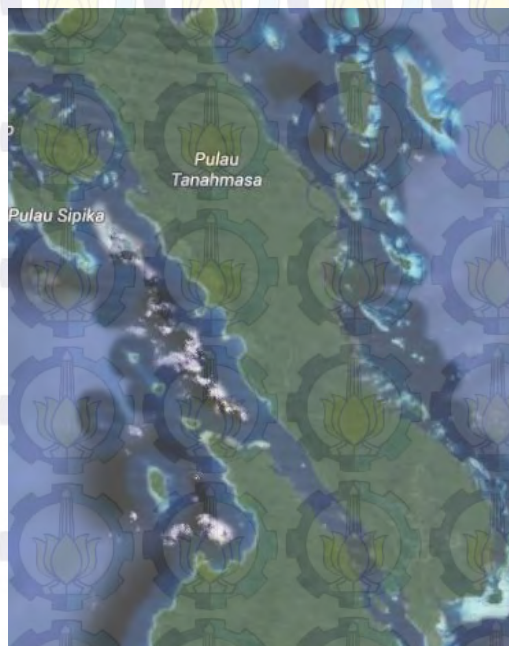


Gambar 4.1Peta Wilayah Nias Selatan

Sumber : Googleearth.com, 2015

B. Pulau Tanahmasa

Pulau Tanah masa secara administrasi termasuk dalam kecamatan Hibala, Kabupaten Nias Selatan, dengan titik koordinat pulau $00^{\circ} 08' 45''$ LS dan $98^{\circ} 26' 23''$ BT. Berdasarkan hasil survey toponim pada tahun 2006 dan hasil verifikasi Tim Nasional Pembakuan Rupabumi tahun 2007 Pulau Tanahmasa tidak mengalami perubahan nama. Topografi pulau ini secara umum berupa pulau dengan daratan berbukit sebagian landai dengan pantai berpasir putih. Vegetasi yang tumbuh didominasi oleh tanaman mangrove, kelapa dan lebatnya tumbuhan hutan.



Gambar 4.2 Peta Pulau Tanahmasa

Sumber : Googleearth.com, 2015

C. Pulau Tello

Pulau Tello secara administrasi termasuk dalam kecamatan Pulau – pulau Batu Kecamatan Nias Selatan, Provinsi Sumatera Utara dengan titik koordinat pulau $00^{\circ} 32' 38''$ LS dan $98^{\circ} 16' 55''$ BT. Berdasarkan hasil survey toponim pada tahun 2006 dan hasil verifikasi Tim Nasional Pembakuan Rupabumi tahun 2007 Pulau Tello tidak mengalami perubahan nama. Topografi pulau ini secara umum berupa pulau pasir dan batu terjal. Pulau ini merupakan pusat (ibukota Kecamatan Pulau Batu) dari aktifitas penduduk sekitarnya, aneka tumbuhan tingkat tinggi ada di pulau ini.



Gambar 4.3 Peta Pulau Telo

Sumber : Googleearth.com, 2015

D. Pulau Pini

Pulau Pini secara administrasi termasuk dalam kecamatan Hibala, Kabupaten Nias Selatan, Provinsi Sumatera Utara dengan titik koordinat $00^{\circ} 07' 44''$ LU dan $98^{\circ} 42' 02''$ BT. Berdasarkan hasil survey toponim pada tahun 2006 dan hasil verifikasi Tim Nasional Pembakuan Rupabumi tahun 2007 Pulau Pini tidak mengalami perubahan nama. Topografi pulau ini secara umum berupa pulau dengan pantai pasir yang tumbuhannya didominasi vegetasi mangrove, tumbuhan bakau dan aneka tumbuhan huta yang lebat.



Gambar 4.4 Peta Pulau Pini

Sumber : Googleearth.com, 2015

E. Pulau Tanah Bala

Pulau Tanah Bala secara administrasi termasuk dalam kecamatan Hibala, Kabupaten Nias Selatan, Provinsi Sumatera Utara dengan titik koordinat $00^{\circ} 24' 54''$ LS dan $98^{\circ} 26' 29''$ BT.



Gambar 4.5 Peta Pulau Tanah Bala

Sumber : Googleearth.com, 2015

4.2 Jumlah Penduduk dan Estimasi Kebutuhan Logistik Bencana

Estimasi kebutuhan logistik bencana dilakukan dengan cara memperhitungkan konsumsi masing – masing item per hari yang kemudian dikonversi menjadi ton/hari. Data konsumsi bahan pokok ini merupakan data primer dari hasil wawancara langsung ke staf Bagian Logistik Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Timur (BPBD Jatim) dan data sekunder yang didapat dari berbagai sumber di internet.

Tabel 4.1 Kebutuhan Logistik Bencana (Orang)

Logistik	Kemasan	Jumlah Konsumsi per orang (hari)	Berat (Kg)
Obat- obatan	Kaplet	1,000	0,025
Sandang :			
Pakaian Bersih	Box	1,000	0,100
Alat Kebersihan	Box	0,125	0,125
Selimut	Pcs	0,500	0,25
Total (kg/hari)			0,500
Total (ton/hari)			0,0005

Sumber : Deptan.co.id, 2015

Tabel 4.2 Konsumsi Kebutuhan Pokok

Bahan Pokok	Kemasan	Jumlah Konsumsi (kg)
Beras	Karung	0,085
Gula Pasir	Karung	0,050
Susu	Box	0,034
Telur Ayam	Box	0,018
Bawang Merah	Karung	0,014
Bawang Putih	Karung	0,008
Cabai	Karung	0,010
Total (kg/hari)		0,219
Total (Ton/hari)		0,0002

Sumber : Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur (BPBD Jatim)

Logistik Bencana yang akan dikirim dibedakan menjadi 2, logistik bencana yang terus dikirim setiap 1 periode pengiriman dan logistik bencana yang dikirim hanya sekali saja, berikut adalah tabel spesifikasi logistik bencana.

Tabel 4.3 Tabel Spesifikasi Logistik Bencana Sekali Kirim

Logistik	Kemasan	Kapasitas (Orang)	Berat (Kg)
Tenda Pleton	Palet	60	100
Medical Kit	Box	15	2

Sumber : Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur (BPBD Jatim)

Dengan mengetahui kapasitas pakai per item serta beratnya, maka dapat dihitung kemudian demand logistik bencana namun harus diketahui jumlah penduduknya terlebih dahulu.

Dalam penelitian ini, perencanaan pemenuhan kebutuhan logistik bencana dilakukan selama jangka waktu 15 tahun sesuai dengan asumsi umur ekonomis kapal sehingga diperlukan estimasi jumlah penduduk pada lima belas tahun mendatang (2030). Untuk menghitung estimasi jumlah penduduk tersebut diperlukan data jumlah penduduk untuk masing-masing pulau obyek penelitian pada tahun-tahun sebelumnya. Pada tabel 3 dibawah ini merupakan data kependudukan Kepulauan Kabupaten Nias Selatan.

Tabel 4.4 Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini
2010	211.439	23.054	39.093	5.799	10.323
2011	213.654	23.186	39.322	5.845	10.410
2012	215.006	23.266	39.461	5.873	10.463
2013	216.559	23.358	39.622	5.905	10.524
2014	218.343	23.465	39.808	5.943	10.596

Sumber : Biro Pusat Statistik Nias Selatan, 2014

Untuk mengetahui jumlah penduduk 15 tahun mendatang, tidak dapat dilakukan *forecasting* langsung pada Microsoft Excel, harus diketahui dulu nilai dari masing – masing 3 faktor demografinya, yaitu Natalitas (kelahiran), Mortalitas (kematian) dan Migrasi (perpindahan penduduk).

Tabel 4.5 Jumlah Kelahiran (Natalitas)

Tahun	Natalitas					
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total
2011	1352	80	139	28	53	1652
2012	1553	92	161	32	61	1899
2013	1784	107	184	37	70	2182
2014	1453	86	150	30	57	1776
2015	1669	100	173	35	66	2043
2016	1619	97	168	34	64	1982
2017	1562	94	163	33	62	1914
2018	1645	100	172	35	66	2018
2019	1592	97	167	34	64	1954
2020	1605	99	169	35	65	1973
2021	1620	101	171	36	66	1994
2022	1600	101	170	36	66	1973
2023	1614	103	172	37	67	1993
2024	1612	104	173	38	68	1995
2025	1609	105	174	39	69	1996
2026	1615	107	176	40	70	2008
2027	1613	108	177	41	71	2010
2028	1615	110	179	42	72	2018
2029	1617	112	181	43	73	2026
2030	1617	114	183	44	74	2032

Jumlah kelahiran diperoleh dari selisih jumlah penduduk dari tahun – tahun sebelumnya, setelah itu mulai pada tahun 2015 dilakukan proyeksi sampai pada tahun 2030.

Tabel 4.6 Tabel Data Angka Kematian Bayi (AKB)

Tahun	Jumlah	Nilai	Keterangan
1970	121/1000	0,121	Kelahiran Hidup (KH)
1980	89/1000	0,089	Kelahiran Hidup (KH)
2000	44/1000	0,044	Kelahiran Hidup (KH)
2010	26/1000	0,026	Kelahiran Hidup (KH)
2012	7,6/1000	0,0076	Kelahiran Hidup (KH)
Rata - rata		0,05752	

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara 2012

Tabel diatas merupakan hasil dari sensus berkala dari tahun 1970 sampai dengan yang terakhir tahun 2012, nilai Kelahiran Hidup (KH) yang didapat adalah hasil rata – rata, dikarenakan tahun survey yang tidak dilakukan tiap tahun maka permalan atau *forecasting* tidak dapat dilakukan.

Tabel 4.7 Jumlah Kematian Bayi di Tiap Pulau

Tahun	Angka Kematian Bayi (AKB)					Total
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	
2011	78	5	8	2	3	95
2012	89	5	9	2	4	109
2013	103	6	11	2	4	126
2014	84	5	9	2	3	102
2015	96	6	10	2	4	118
2016	93	6	10	2	4	114
2017	90	5	9	2	4	110
2018	95	6	10	2	4	116
2019	92	6	10	2	4	112
2020	92	6	10	2	4	113
2021	93	6	10	2	4	115
2022	92	6	10	2	4	113
2023	93	6	10	2	4	115
2024	93	6	10	2	4	115
2025	93	6	10	2	4	115
2026	93	6	10	2	4	116
2027	93	6	10	2	4	116
2028	93	6	10	2	4	116
2029	93	6	10	2	4	117
2030	93	7	11	3	4	117

Tabel 4.8 Tabel Data Angka Kematian Balita (AKABA)

Tahun	Jumlah	Nilai	Keterangan
1991	97/1000	0,097	Kelahiran Hidup (KH)
1994	81/1000	0,081	Kelahiran Hidup (KH)
1997	58/1000	0,058	Kelahiran Hidup (KH)
2002-2003	46/1000	0,046	Kelahiran Hidup (KH)
2007	44/1000	0,044	Kelahiran Hidup (KH)
2012	43/1000	0,043	Kelahiran Hidup (KH)
Rata - rata		0,0615	

Sumber : BPS, 2013

Tabel diatas merupakan hasil sensus yang dilakukan pada tahun 1991, 1994, 1997, 2002, 2003, 2007 dan terakhir pada tahun 2012.

Tabel 4.9 Jumlah Kematian Bayi di tiap Pulau

Tahun	Angka Kematian Balita (AKABA)					
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total
2011	83	5	9	2	3	102
2012	96	6	10	2	4	117
2013	110	7	11	2	4	134
2014	89	5	9	2	4	109
2015	103	6	11	2	4	126
2016	100	6	10	2	4	122
2017	96	6	10	2	4	118
2018	101	6	11	2	4	124
2019	98	6	10	2	4	120
2020	99	6	10	2	4	121
2021	100	6	11	2	4	123
2022	98	6	10	2	4	121
2023	99	6	11	2	4	123
2024	99	6	11	2	4	123
2025	99	6	11	2	4	123
2026	99	7	11	2	4	123
2027	99	7	11	3	4	124
2028	99	7	11	3	4	124
2029	99	7	11	3	4	125
2030	99	7	11	3	5	125

Angka pada tabel tersebut diperoleh dari pengkalian jumlah kelahiran baru dengan nilai rata - rata angka kematian balita (AKABA), yang didefinisikan dengan balita disini adalah anak yang berumur 0 - 4 tahun sehingga angka yang diperoleh merupakan hasil pengalihan angka kelahiran dengan angka kematian balita (AKABA).

Tabel 4.10 Tabel Data Angka Kematian Ibu (AKI)

Tahun	Jumlah	Nilai	Keterangan
1992	425/100000	0,00425	Kelahiran Hidup (KH)
1994	390/100000	0,0039	Kelahiran Hidup (KH)
1997	334/100000	0,00334	Kelahiran Hidup (KH)
2002	307/100000	0,00307	Kelahiran Hidup (KH)
2007	228/100000	0,00208	Kelahiran Hidup (KH)
	Rata - rata	0,003328	

Sumber : BPS, Hasil SDKI 1992, 1994, 1997, 2002/2003, 2007

Tabel diatas adalah nilai angka kematian ibu (AKI) yang hasilnya diperoleh dari BPS dan SDKI pada tahun 1992, 1994, 1997, 2002/2003 dan terakhir pada tahun 2007.

Tabel 4.11 Jumlah Kematian Ibu di tiap Pulau

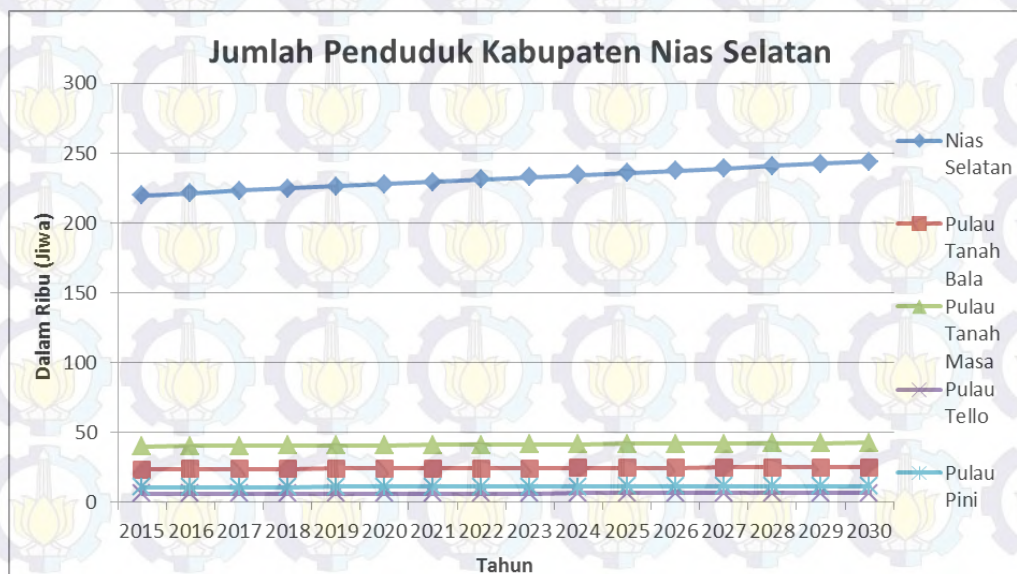
Tahun	Angka Kematian Ibu (AKI)						Total
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini		
2011	4	0	0	0	0		5
2012	5	0	1	0	0		6
2013	6	0	1	0	0		7
2014	5	0	0	0	0		6
2015	6	0	1	0	0		7
2016	5	0	1	0	0		7
2017	5	0	1	0	0		6
2018	5	0	1	0	0		7
2019	5	0	1	0	0		7
2020	5	0	1	0	0		7
2021	5	0	1	0	0		7
2022	5	0	1	0	0		7
2023	5	0	1	0	0		7
2024	5	0	1	0	0		7
2025	5	0	1	0	0		7
2026	5	0	1	0	0		7
2027	5	0	1	0	0		7
2028	5	0	1	0	0		7
2029	5	0	1	0	0		7
2030	5	0	1	0	0		7

Angka pada tabel diatas diperoleh dari pengkalian jumlah kelahiran baru dengan angka kematian ibu (AKI) dengan mengasumsikan bahwa tiap ibu melahirkan satu anak sehingga yang dipakai dalam perhitungan ini adalah angka kelahiran hidup.

Tabel 4.12 Tabel Proyeksi Jumlah Penduduk Nias Selatan

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini
2015	217.538	23.416	39.724	5.926	10.564
2016	219.138	23.512	39.891	5.959	10.628
2017	220.714	23.605	40.053	5.992	10.691
2018	222.224	23.694	40.209	6.023	10.750
2019	223.817	23.789	40.374	6.057	10.814
2020	225.353	23.879	40.532	6.089	10.875
2021	226.909	23.971	40.693	6.121	10.936
2022	228.478	24.063	40.855	6.154	10.998
2023	230.024	24.153	41.014	6.186	11.059
2024	231.587	24.246	41.175	6.218	11.120
2025	233.149	24.338	41.335	6.250	11.181
2026	234.705	24.429	41.495	6.282	11.243
2027	236.268	24.521	41.655	6.314	11.304
2028	237.829	24.611	41.814	6.347	11.366
2029	239.391	24.702	41.974	6.379	11.427
2030	240.955	24.792	42.133	6.411	11.488

Jumlah penduduk pada tabel tersebut diperoleh dari hasil proyeksi pada microsoft excel, dari tahun 2015 hingga 2030 yang kemudian dijumlahkan dengan nilai total faktor demografi seperti yang tersaji pada tabel 4.5, 4.7, 4.9 dan 4.11, peramalan jumlah penduduk perlu dilakukan karena akan mempengaruhi seberapa besar jumlah *supply* logistik yang akan dikirim. Rata – rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2015 hingga 2030 adalah sebesar 2,8% sesuai gambar grafik 4.2 yang ditunjukkan dibawah ini



Gambar 4.6 Grafik Pertumbuhan Penduduk Tahun 2015 - 2030

Perhitungan konsumsi logistik bencana adalah jumlah dari seluruh konsumsi per ton per hari sesuai dengan tabel 4.1 yaitu 0,0005 ton dan Tabel 4.2 yaitu 0,0002 ton, kemudian dikalikan jumlah penduduk dan ditambah dengan *safety stock* sebesar 20% dari kebutuhan. *Safety stock* berfungsi untuk mengantisipasi fluktuasi konsumsi harian sehingga tidak terjadi kekurangan persediaan bahan pangan. Pada tabel 4.12 dapat dilihat kebutuhan logistik bencana untuk masing-masing pulau

Tabel 4.13 Kebutuhan Logistik Bencana untuk masing – masing Pulau

Tahun	Jumlah Demand (Ton)					Total	Total
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini		
2015	110	13	21	4	6	155	1082
2016	111	13	21	4	7	156	1089
2017	112	13	21	4	7	157	1096
2018	112	13	21	4	7	157	1102
2019	113	13	21	4	7	158	1109
2020	114	13	21	4	7	159	1116
2021	115	13	22	4	7	160	1122
2022	115	13	22	4	7	161	1129
2023	116	13	22	4	7	162	1136
2024	117	13	22	4	7	163	1142
2025	118	13	22	4	7	164	1149
2026	119	13	22	4	7	165	1156
2027	119	13	22	4	7	166	1162
2028	120	14	22	4	7	167	1169
2029	121	14	22	4	7	168	1176
2030	122	14	22	4	7	169	1182

Tabel 4.14 Kebutuhan Bahan Pokok tiap Pulau

Tahun	Jumlah Demand (Ton/Hari)					Total	Total
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini		
2015	49	6	10	2	4	72	504
2016	49	6	10	3	4	72	504
2017	50	6	10	3	4	72	504
2018	50	6	10	3	4	73	511
2019	50	6	10	3	4	73	511
2020	51	6	10	3	4	74	518
2021	51	6	10	3	4	74	518
2022	51	6	10	3	4	75	525
2023	52	6	10	3	4	75	525
2024	52	7	10	3	4	75	525
2025	52	7	10	3	4	76	532
2026	53	7	10	3	4	76	532
2027	53	7	10	3	4	77	539
2028	53	7	10	3	4	77	539
2029	54	7	10	3	4	77	539
2030	54	7	10	3	4	78	546

Nilai total pada tabel 4.13 dan 4.14 tersebut dikalikan 7, sesuai dengan nilai 1 periode pengiriman yaitu selama 7 hari, karena idealnya pemenuhan logistik bencana harus dipenuhi selama 7 hari.

4.3 Data Kapal Pembanding

Data kapal pembanding digunakan untuk memberikan gambaran mengenai ukuran utama dari kapal eksisting sesuai dengan jenis dan bobot matinya (DWT). Untuk bobot matinya digunakan sesuai dengan skenario frekuensi kedatangan kapal dan kebutuhan terbesar dari gugusan pulau yang harus disuplai.

Data kapal pembanding didapat dari www.maritime-connector.com dengan memasukkan jenis kapal, klas kapal, dan kisaran DWT. Nilai DWT didapat dari perhitungan 10% dari *payload*. *Payload* kapal merupakan jumlah terbesar kebutuhan bahan pokok selama 2015 hingga 2030. Data kapal pembanding dapat dilihat pada lampiran.

4.4 Data Mesin Kapal

Dalam proses perancangan kapal terdapat proses perancangan *powering* yang menghasilkan besarnya tenaga mesin yang digunakan kapal. Tentunya daya mesin yang tersedia di pasaran tidak bisa tepat sama dengan daya yang dibutuhkan kapal. Oleh karena itu diperlukan pemilihan mesin kapal yang sesuai dari beberapa jenis mesin yang ada di katalog. Katalog mesin yang digunakan dalam perhitungan tugas akhir ini yaitu Wartsila. Data mesin akan disajikan di lampiran.

4.5 Data Mesin Bantu

Penggunaan mesin bantu diatas kapal umumnya diperuntukkan bagi kegiatan selain pergerakan kapal (*prime mover*). Waktu penggunaan mesin bantu juga lebih panjang dari mesin utama yang hanya digunakan saat kapal berlayar. Mesin bantu digunakan juga untuk mensuplai kebutuhan listrik saat kapal berlayar atau bersandar di pelabuhan, kebutuhan tenaga alat bongkar muat, dan sistem terkait lainnya. Sama halnya dengan mesin utama, daya mesin bantu yang ada dipasaran tentu tidak tepat sama dengan daya mesin bantu yang dibutuhkan. Data mesin bantu diperoleh dari data sekunder dan ditampilkan pada lampiran.

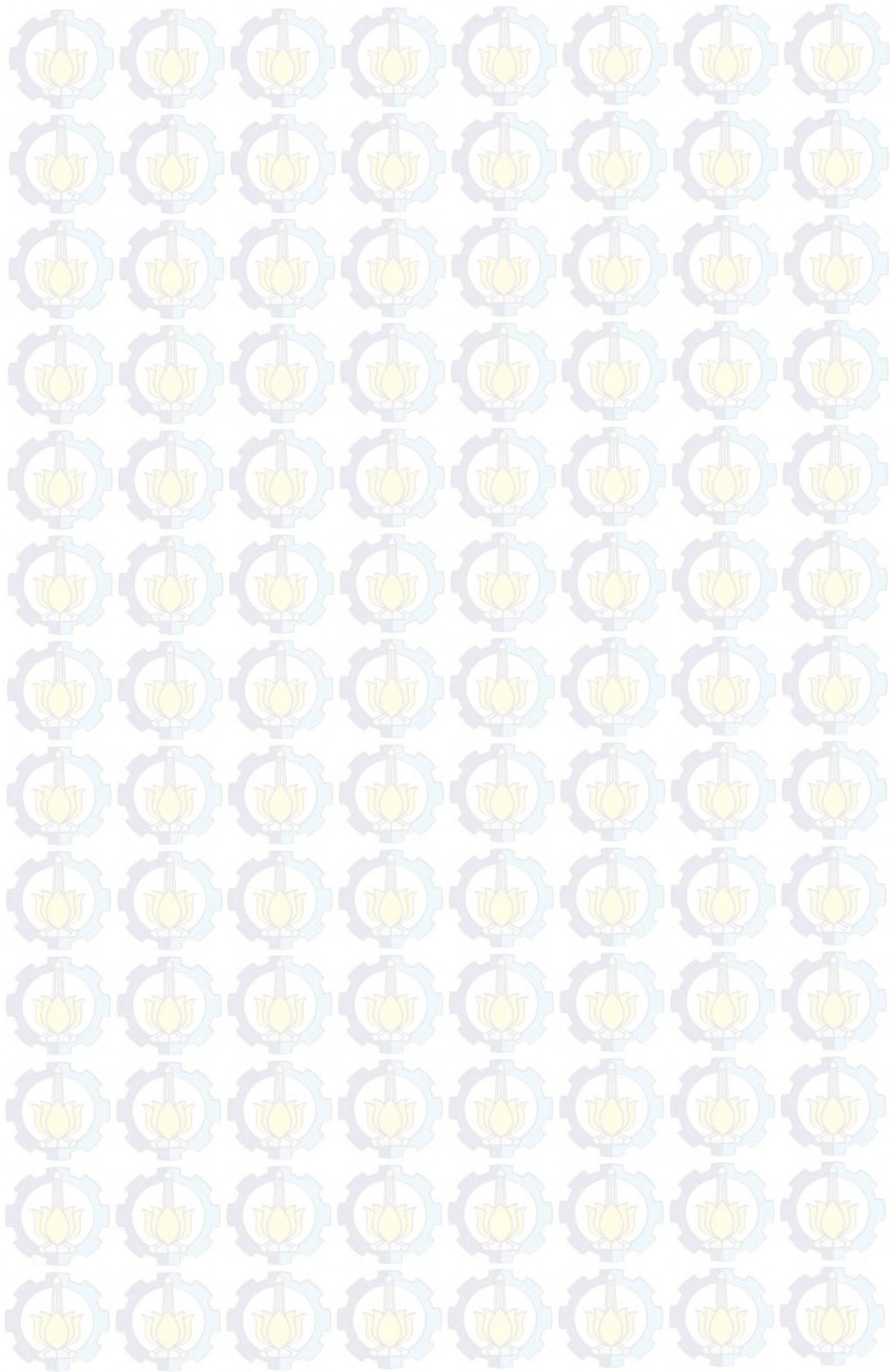
4.6 Data Pelabuhan

Pelabuhan merupakan bagian yang sangat penting dalam transportasi laut karena pelabuhan berperan sebagai penghubung antara perpindahan barang dari kapal ke darat sehingga barang dapat didistribusikan. Di pelabuhan terjadi berbagai kegiatan seperti

proses bongkar muatan, pengisian bahan bakar (*bunkering*), reparasi, pengisian perbekalan (*provision and store*) dan sebagainya. Dalam tugas akhir ini, ada 3 pelabuhan eksisting yaitu pelabuhan Sibolga di Kota Sibolga, Sumatera Utara, pelabuhan Teluk Dalam di Nias Selatan dan pelabuhan Tello di pulau Tello, namun karena diasumsikan Kabupaten Nias Selatan terdampak bencana maka fasilitas pelabuhan tidak dapat dipergunakan, sehingga diasumsikan hanya pelabuhan Sibolga yang dapat digunakan. Satu pelabuhan yaitu pelabuhan Sibolga dijadikan sebagai *origin* serta *bunkering port*. Data pelabuhan tujuan disajikan pada lampiran.

Tabel 4.15 Data Pelabuhan tiap Pulau

Lokasi	Nama Pelabuhan
Sibolga	Sibolga
Nias Selatan	Teluk Dalam
Pulau Tello	Tello



Bab. 5 POLA OPERASI DAN DESAIN KONSEPTUAL

5.1 Perencanaan Rute Transportasi Laut

Perencanaan rute diperlukan untuk menentukan rute terpendek yang akan ditempuh oleh kapal pengangkut bahan pokok sehingga waktu transportasi dapat diminimalkan karena situasi bencana sifatnya adalah *time to respond* yang artinya waktu adalah objektif utama yang harus dipenuhi. Untuk mendapatkan rute tercepat, digunakan teori *Travelling Salesman Problem* (TSP) karena konsep TSP sama dengan syarat perencanaan rute transportasi pada tugas akhir ini, yaitu:

1. Kapal harus kembali ke pelabuhan yang sama dari mana ia berangkat (*origin*).

Di pelabuhan asal ini kapal akan mengisi bahan bakar, pelumas, kebutuhan ABK dan kapal lainnya.

2. Setiap titik yang disuplai oleh kapal pengangkut bahan pokok hanya dikunjungi satu kali dalam satu periode pengiriman.

Data yang diperlukan untuk menentukan rute adalah data waktu tempuh dari dan ke masing-masing titik. Matriks waktu tempuh dari titik-titik tersebut dapat dilihat dalam tabel 5.1.

Tabel 5.1 Matriks Waktu Tempuh Antar Pulau

Waktu	X	A	B	C	D	E	O	Sibolga	Sibolga
1	2	3	4	5	6	7	A	Nias Selatan	Nias Selatan
X	0,0	10,7	12,6	13,0	11,4	16,7	B	P. Tanahmasa	Tanahmasa
A	10,7	0,0	5,3	5,2	5,8	8,1	C	P. Tello	Tello
B	12,6	5,3	0,0	0,5	1,8	4,1	D	P. Pini	Pini
C	13,0	5,2	0,5	0,0	2,2	3,3	E	P. Tanah Bala	Tanah Bala
D	11,4	11,4	1,8	2,2	0,0	5,4			
E	16,7	8,1	4,1	3,3	5,4	0,0			

Pada tabel 5.1 diatas, huruf O mewakili Pelabuhan Sibolga yang berperan sebagai *origin*, yaitu pelabuhan asal dimana kapal akan berangkat. Pelabuhan Sibolga dipilih menjadi *origin* karena secara geografis pelabuhan ini adalah pelabuhan terdekat dari wilayah Kepulauan Kabupaten Nias Selatan.

Perhitungan TSP ini menggunakan Solver pada *Spreadsheet*. Berikut ini akan dijelaskan langkah-langkah perhitungan. *Screenshot* langkah pengerjaan dapat dilihat pada lampiran.

- Input data waktu tempuh antar titik ke dalam tabel matriks jarak seperti pada tabel 5.1 diatas.
- Hitung line-in, line out, dan subtour. Rumus untuk menghitung line-in, line out, dan subtour dapat dilihat pada lampiran 4.
- Hitung jarak total perjalanan. Jarak total perjalanan didefinisikan pada cell J20 dengan menggunakan rumus yang ada pada lampiran 4 baris 8.
- Setelah worksheet selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi dengan menggunakan Solver seperti yang ditunjukkan pada Tiga langkah utama dalam optimasi menggunakan Solver adalah mendefinisikan fungsi tujuan (target cell), mendefinisikan sel yang berubah (by changing cells) dan batasan model (subject to constrain).
- Urutan kunjungan dapat dilihat pada cell tour sequence pada *worksheet* yang terlampir pada lampiran 4, sehingga rute tercepat yang ditempuh kapal adalah Sibolga→Nias Selatan→Pulau Tanahmasa→Pulau Tello→Pulau Pini→Pulau Tanah Bala→Sibolga (O→A→B→C→D→E→O) dengan total waktu tempuh 41 jam dan jarak sebesar 349,4 nautical mile.

Selain pada situasi bencana kapal juga akan dioperasikan disaat normal untuk memenuhi kebutuhan demand di setiap pulau tersebut, sehingga diperlukan perencanaan rute pelayaran kapal yang dalam hal ini cost minimum menjadi objektif dari perusahaan pelayaran. Karena cost belum diketahui sebelum kapal berlayar, maka rute dengan jarak terpendek harus ditentukan terlebih dahulu untuk memperoleh cost seminimal mungkin.

Data yang diperlukan untuk menentukan rute adalah data jarak dari dan ke masing-masing titik. Matriks jarak dari titik-titik tersebut dapat dilihat dalam tabel 5.2.

Tabel 5.2 Matriks Jarak Antar Pulau

Jarak	O	A	B	C	D	E	O	Sibolga	Sibolga
1	2	3	4	5	6	7	A	Nias Selatan	Nias Selatan
O	0	92	108	111	98	143	B	P. Tanahmasa	Tanahmasa
A	92	0	45,4	44,7	49,4	69,3	C	P. Tello	Tello
B	108	45,4	0	4	15	34,7	D	P. Pini	Pini
C	111	44,7	4	0	19	28	E	P. Tanah Bala	Tanah Bala
D	98	98	15	19	0	46			
E	143	69,3	34,7	28	46	0			

Pada tabel 5.2 diatas, huruf O mewakili Pelabuhan Sibolga yang berperan sebagai *origin*, yaitu pelabuhan asal dimana kapal akan berangkat. Pelabuhan Sibolga dipilih menjadi *origin* karena secara geografis pelabuhan ini adalah pelabuhan terdekat dari wilayah Kepulauan Kabupaten Nias Selatan.

Perhitungan TSP ini menggunakan Solver pada *Spreadsheet*. Berikut ini akan dijelaskan langkah-langkah perhitungan. *Screenshot* langkah pengerjaan dapat dilihat pada lampiran.

- a. Input data jarak antar titik ke dalam tabel matriks jarak seperti pada tabel 5.2 diatas.
- b. Hitung line-in, line out, dan subtour. Rumus untuk menghitung line-in, line out, dan subtour dapat dilihat pada lampiran 4.
- c. Hitung jarak total perjalanan. Jarak total perjalanan didefinisikan pada cell J20 dengan menggunakan rumus yang ada pada lampiran 4 baris 8.
- d. Setelah worksheet selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi dengan menggunakan Solver seperti yang ditunjukkan pada Tiga langkah utama dalam optimasi menggunakan Solver adalah mendefinisikan fungsi tujuan (target cell), mendefinisikan sel yang berubah (by changing cells) dan batasan model (subject to constrain).
- e. Urutan kunjungan dapat dilihat pada cell tour sequence pada *worksheet* yang terlampir pada lampiran 4, sehingga rute tercepat yang ditempuh kapal adalah Sibolga→Nias Selatan→Pulau Tanahmasa→Pulau Tello→Pulau Pini→Pulau Tanah Bala→Sibolga (O→A→B→C→D→E→O) dengan jarak sebesar 349,4 nautical mile dan waktu tempuh selama 41 jam.

Rute optimum disajikan dalam gambar 5.1 berikut :



Gambar 5.1 Rute Optimum Pelayaran

5.2 Armada

Armada yang digunakan harus disesuaikan dengan *demand* dan ketentuan-ketentuan yang berlaku. Jenis kapal yang digunakan adalah kapal *Landing Craft Tank* (LCT) modifikasi dengan *crane* kapal sehingga kapal jenis ini mampu sandar tanpa adanya pelabuhan dan mampu melakukan bongkar muat yang sangat sesuai dengan keadaan bencana dimana fasilitas pelabuhan tidak dapat dipergunakan. Kapasitas kapal ditentukan berdasarkan jumlah *demand* terbesar dari seluruh titik yang akan disuplai. Setiap pola jaringan yang akan direncanakan memiliki armada yang berbeda. Untuk selengkapnya akan dijelaskan pada subbab 5.4.

5.3 Skenario Periode Suplai

Periode suplai menentukan kapasitas kapal yang diperlukan untuk mengangkut bahan pokok. Semakin kecil 1 periode pengiriman, kapasitas kapal akan semakin kecil pula dan begitu pula sebaliknya. Berdasarkan kondisi di atas, untuk perhitungan tugas akhir ini

akan digunakan 3 (tiga) buah skenario operasi kapal yang lebih dalam akan dipaparkan pada subbab 6.1. Kreteria awal adalah sebagai berikut:

1. *Demand* Logistik

Demand akan divariasikan sesuai kebutuhan logistik korban bencana/penduduk, besaran jumlah *demand* logistik bencana dan kebutuhan pokok adalah sebesar 7 hari menurut Badan Penanggulangan Daerah Jawa Timur (BPBD Jatim), dalam Tugas Akhir ini akan divariasikan menjadi 3 (tiga) yaitu 1 periode (7 hari), 1 periode (5 hari) dan 1 periode (3 hari) pengiriman.

2. Ukuran Kapal

Variasi jumlah demand menimbulkan 3 jenis ukuran kapal yang berbeda, yang nantinya pada pembahasan akan dicari ukuran yang paling optimum baik itu dari segi jumlah waktu suplai serta *unit costnya*

3. Kecepatan Kapal

Kecepatan 3 buah kapal tersebut akan berbeda, sehingga perlu diketahui kapal mana yang akan memenuhi objektif tersebut.

5.3.1 Kapal 1 Periode (7 Hari)

Ukuran kapal diperoleh dari demand kebutuhan logistik bencana selama 7 hari yang kemudian diterjemahkan menjadi *payload* kapal, ukuran utama kapal diperoleh melalui regresi linier dari beberapa jumlah kapal yang kemudian diperoleh hasil ukuran utama sebagai berikut :

- Lpp : 75 meter
- H : 5,5 meter
- T : 3,38 meter
- B : 15,95 meter

5.3.2 Kapal 1 Periode (5 Hari)

Ukuran kapal diperoleh dari demand kebutuhan logistik bencana selama 5 hari yang kemudian diterjemahkan menjadi *payload* kapal, yang digunakan adalah kapal eksisting dengan ukuran utama sebagai berikut :

- Lpp : 64,92 meter
- H : 4,7 meter
- T : 3,13 meter
- B : 14,12 meter

5.3.3 Kapal 1 Periode (3 Hari)

Ukuran kapal diperoleh dari demand kebutuhan logistik bencana selama 5 hari yang kemudian diterjemahkan menjadi *payload* kapal, yang digunakan adalah kapal eksisting dengan ukuran utama sebagai berikut :

- Lpp : 51 meter
- H : 3,6 meter
- T : 2,8 meter
- B : 12,8 meter

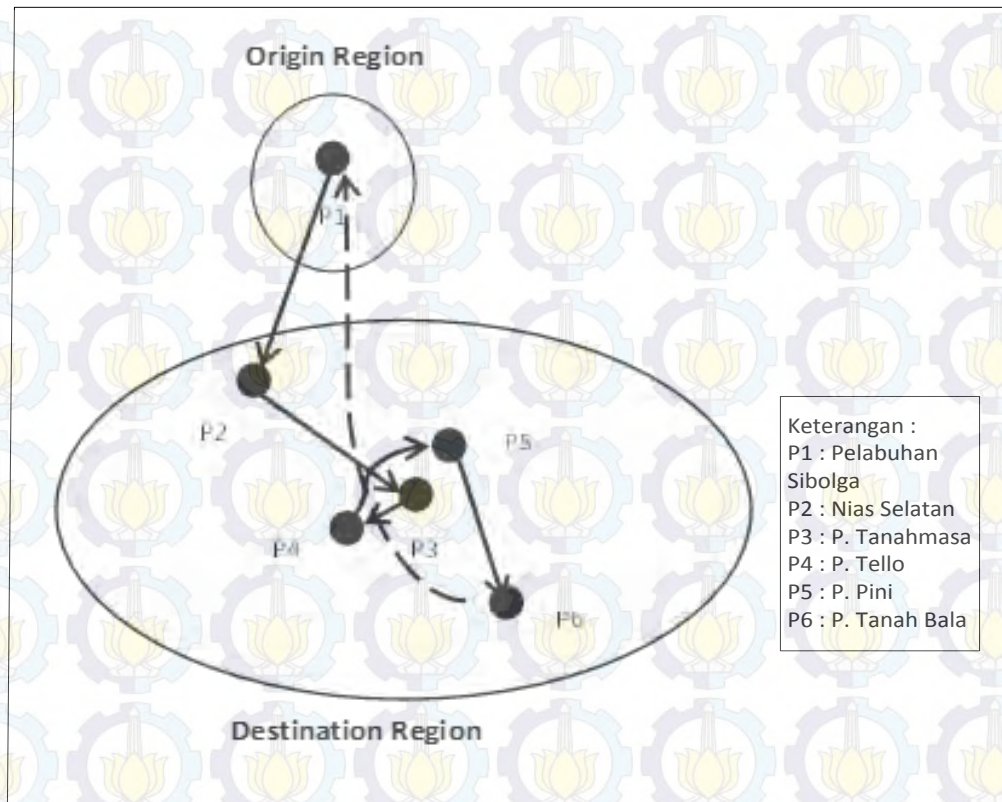
5.4 Perencanaan Pola Operasi

Dalam Tugas Akhir ini, yang digunakan adalah pola operasi *Multiport calling* dan *Hub and Spoke Network*, yang pada nantinya dibandingkan pola operasi mana yang menghasilkan *Round Trip Days* (RTD) dan *unit cost* optimum.

5.4.1 Skenario Pola Operasi *Multiport Calling*

Multiport calling adalah pola operasi dimana kapal memuat muatan di pelabuhan asal sesuai dengan *demand* yang ada dan kemudian mensuplai ke semua titik *demand* dan kembali ke titik awal dalam satu periode tertentu. Konsep ini tidak menggunakan adanya *hub port* di masing-masing kepulauan.

Apabila konsep ini diterapkan, konsekuensinya adalah ukuran kapal yang besar karena *payload* kapal harus dapat mengangkut seluruh *demand* pada semua titik. Nilai investasi yang diperlukan juga lebih besar. Keuntungan pola operasi ini adalah waktu untuk mensuplai semua titik *demand* dapat menjadi kecil karena barang dibongkar di pelabuhan untuk kemudian didistribusikan ke konsumen.



Gambar 5.2 Pola Jaringan *Multiport calling*

5.5 Model Optimisasi Desain Konseptual

Model optimisasi desain konseptual adalah untuk menemukan ukuran utama kapal yang memberikan nilai optimum (unit biaya produksi terkecil). Dalam proses optimisasi desain terdapat 5 (lima) bagian utama yaitu parameter, konstanta, batasan, variabel peubah, dan fungsi tujuan. Proses optimisasi ini menggunakan konstanta karena terdapat beberapa perhitungan teknis yang membutuhkan nilai konstanta tertentu.

5.5.1 Parameter Optimisasi Desain

Parameter optimasi desain adalah gambaran kondisi lingkungan saat proses desain dilaksanakan. Penjelasan dari parameter optimisasi desain yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) *Payload*

Nilai *payload* sama dengan kapasitas muat kapal. Hal ini telah dibahas dalam subbab 5.1 bahwa *payload* kapal disesuaikan dengan jumlah *demand* terbesar untuk semua titik.

b) Kecepatan relatif angin

Nilai kecepatan relatif angin dimasukkan sebagai parameter dengan pendekatan kondisi wilayah operasi. Nilai ini digunakan untuk menghitung hambatan kapal. Besarnya kecepatan relatif angin diasumsikan sebesar 15 knot sesuai dengan rata-rata kecepatan angin di Indonesia (BMKG, 2011).

c) *Commision Days* (Hari Operasi)

Nilai hari operasi merupakan jumlah hari dalam satu tahun dimana kapal tersebut beroperasi. Nilai ini memperhitungkan masa doking kapal yang tentunya berbeda-beda setiap ukuran kapal dan berdampak pada ketiadaan suplai air pada masa tersebut. Dalam perhitungan ekonomis kapal, nilai ini berpengaruh pada jumlah trip yang mampu dilaksanakan dalam satu tahun dan biaya-biaya yang dikeluarkan selama masa tersebut. Diasumsikan bahwa kapal dapat beroperasi sepanjang 330 hari.

d) Jumlah ABK

Jumlah ABK dan pembagian tugasnya ditentukan berdasarkan jumlah ABK kapal ukuran sejenis pada umumnya. Nilai ini akan berpengaruh terhadap perhitungan teknis seperti *displacement* dan perhitungan ekonomis dalam biaya operasional kapal. Dalam parameter optimasi desain, jumlah ABK ditentukan diawal berjumlah 19 orang.

e) Bunga Tahunan

Besarnya bunga tahunan ditentukan berdasarkan *B.I rate* pada tahun sekarang dengan asumsi tidak terjadi fluktuasi. Besarnya bunga ini terkait dengan analisis ekonomis kapal. Pembiayaan investasi kapal diasumsikan menggunakan dana pinjaman sebesar 70% dari total biaya. Sehingga muncul *capital repayment* setiap tahun yang terdiri dari pokok hutang serta

bunganya sesuai dengan bunga tahunan yang ditetapkan dalam parameter optimasi desain. Besarnya bunga tahunan ditentukan sebesar 13.5%.

f) Nilai Tukar Rupiah

Besarnya nilai tukar rupiah ditentukan berdasarkan nilai tukar saat ini dengan asumsi terjadi fluktuasi namun tidak signifikan. Nilai ini hanya sebagai faktor konversi mengingat mayoritas bentuk biaya dalam analisa ekonomi dihitung dalam mata uang dollar. Nilai tukar rupiah dalam parameter optimasi operasi diasumsikan sebesar Rp. 9.300.

g) Harga-harga

Perhitungan analisa ekonomi selalu berhubungan dengan harga untuk menentukan biaya yang dikeluarkan baik itu dalam proses investasi maupun pengoperasiannya. Nilai harga yang dimasukkan dalam parameter antara lain harga bahan bakar (MFO, MDO), minyak lumas, dan material pembangunan kapal (baja, *equipment outfitting*, permesinan). Untuk harga bahan bakar mengikuti harga bunker Pertamina yaitu Rp. 2.716.193 /MT dan Rp. 5.651.995/MT masing-masing untuk MFO dan MDO. Harga minyak pelumas ditentukan dari harga pasaran sebesar Rp. 15.220/ltr. Harga permesinan dan *hull outfitting* didapat dari regresi kurva yang diberikan dalam buku *Practical Ship Design* (Watson, 1998). Harga baja diambil berdasarkan harga baja dunia saat ini yaitu sebesar \$ 800/ Ton.

5.5.2 Konstanta Optimasi Desain

Terdapat beberapa konstanta yang digunakan dalam proses optimasi ini dan mayoritasnya digunakan untuk perhitungan teknis. Penjelasan dari konstanta optimasi desain adalah sebagai berikut :

a) Massa Jenis Air Laut

Konstanta massa jenis air laut diketahui sebesar 1,025 ton/m³. Nilai ini digunakan dalam proses konversi antara volume dengan *displacement* kapal.

b) Massa jenis air tawar

Konstanta massa jenis air tawar diketahui sebesar 1 ton/m^3 . Nilai ini digunakan untuk proses konversi antara kemampuan angkut kapal pembanding yang mengangkut minyak dengan kebutuhan daya angkut air.

c) Berat jenis bahan bakar dan minyak lumpur

Konstanta berat jenis bahan bakar digunakan untuk konversi berat bahan bakar terhadap kebutuhan ruang bahan bakar diatas kapal. Besarnya konstanta tersebut untuk MDO adalah $0,85 \text{ ton/m}^3$, untuk MFO adalah $0,85 \text{ ton/m}^3$ dan minyak lumpur sebesar $0,92 \text{ ton/m}^3$.

d) Gaya Gravitasi

Konstanta gaya gravitasi bumi diketahui sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$. Nilai ini digunakan untuk menghitung *froude number* dan konversi satuan hambatan dalam analisa teknis desain kapal.

5.5.3 Batasan Optimisasi Desain

Batasan yang digunakan dalam optimisasi desain merupakan batasan teknis terkait dengan desain kapal. Hal ini dikarenakan dalam proses perancangan sebuah kapal harus memperhatikan beberapa aspek kunci sehingga didapat ukuran utama kapal yang efisien dan memberikan standar keamanan dalam proses operasinya. Penjelasan dari batasan optimisasi desain adalah sebagai berikut :

a) Stabilitas

Persyaratan stabilitas mengikuti regulasi oleh IMO dalam *Intact Stability Code* yang telah dijabarkan dalam subbab 2.9.6 bagian Perhitungan Trim dan Stabilitas. Rumusan matematis untuk batasan stabilitas adalah :

$$MG^0 \geq 0.15 \text{ m} \quad (5.1)$$

$$Ls^{30} \geq 0.2 \text{ m}$$

$$\Phi Ls_{\max} \geq 25^0$$

$$Ld^{30} \geq 0.055 \text{ m.rad}$$

$$Ld^{40} \geq 0.090 \text{ m.rad}$$

$$GZ^{30-40} \geq 0.03 \text{ m.rad}$$

Dimana : MG^0 = Jarak metasenter ke pusat beban pada sudut 0^0 (m)

Ls^{30} = Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$ (m)

ΦL_{smax} = Sudut kemiringan pada Ls maksimum (deg)

Ld^{30} = Lengan dinamis pada 30^0 (m.rad)

Ld^{40} = Lengan dinamis pada 40^0 (m.rad)

GZ^{30-40} = Luas Kurva GZ antara 30^0 - 40^0 (m.rad)

b) Freeboard

Batasan *freeboard* mengacu pada regulasi *International Load Line Convention* tahun 1966 yang telah dijabarkan pada subbab 2.9.7 bagian perhitungan *Freeboard*

c) Daya Apung

Batasan daya apung dapat diartikan sebagai kesesuaian antara displacement sebagai akibat dari bentuk dan ukurannya dengan berat kapal itu sendiri. Berdasarkan daya apung ini muncul batasan pemuatan benda-benda diatas kapal hingga dapat dipastikan kapal tetap dapat mengapung dalam kondisi aman. Batasan selisih daya apung diberikan toleransi antara -0,5% sampai 0,5%. Rumusan matematis untuk batasan ini adalah :

$$99.5\%w \leq \Delta \leq 100.5\%w \quad (5.2)$$

Dimana : w = Berat kapal kondisi muatan penuh (ton)

Δ = Displacement kapal (ton)

d) Trim

Kondisi trim diartikan sebagai selisih antara sarat depan kapal dengan sarat belakang saat kondisi muatan kapal penuh. Batasan kondisi trim adalah maksimal sebesar 0,5% dari sarat kapal.

$$0\%T \leq T_a - T_f \leq 0.5\%T \quad (5.3)$$

Dimana : T = Sarat kapal kondisi muatan penuh (m)

T_a = Sarat buritan(m)

T_f = Sarat haluan (m)

e) Kapasitas Kapal

Batasan kapasitas kapal diberikan dengan pertimbangan bahwa perencanaan ruang muat tidak bisa dilakukan setepat mungkin terkait dengan kerumitan konstruksi kapal. Oleh karena itu besarnya selisih payload kapal diberi toleransi sebesar maksimal 110% dari kebutuhan.

$$100\%P \leq H_c \leq 110\%P \quad (5.4)$$

Dimana : $P = \text{Payload}$

$H_c = \text{Hold capacity}$ (kapasitas muat kapal)

f. Variabel Peubah Optimisasi Desain

Variabel peubah optimisasi desain diberikan dalam bentuk ukuran utama kapal seperti yang telah dijabarkan pada subbab 2.9.1 bagian Penentuan Ukuran Utama Kapal. Dalam variabel peubah ini diberikan batasan nilai maksimal dan minimal untuk setiap variabel berdasarkan ukuran utama kapal pembanding.

g. Fungsi Tujuan Optimisasi Desain

Fungsi tujuan dari optimisasi desain ialah meminimalkan unit biaya produksi bahan pokok pada tahun pertama. Hal ini dapat dilakukan dengan meminimalkan biaya investasi dan operasional kapal pada tahun

pertama sesuai dengan batasan yang ada untuk setiap skenario jenis moda, frekuensi suplai, dan kecepatan operasi. Fungsi tersebut tergambar pada model matematis berikut :

$$\min u = \sum_{f=0}^{f=2} \frac{C_{fv} + V_{fv} + O_{fv} + CH_{cf}}{Q_f} \quad (5.5)$$

Dimana : u = Unit biaya produksi

C_{fv} = *Capital cost* untuk frekuensi ke- f dan kecepatan operasi ke- v

V_{fv} = *Voyage cost* untuk frekuensi ke- f dan kecepatan operasi ke- v

O_{fv} = *Operational cost* untuk frekuensi ke- f dan kecepatan operasi ke- v

CH_{cf} = *Cargo Handling Cost* untuk frekuensi ke- f

Q_f = Suplai pada frekuensi ke- f

Secara lebih rinci perhitungan biaya-biaya yang pada model matematis tersebut akan dijelaskan dalam subbab berikutnya mengenai analisis biaya.

5.6 Analisis Biaya

Analisis biaya dilakukan untuk mengetahui jenis dan besar biaya yang diperlukan untuk mengoperasikan kapal pengangkut bahan pokok, perilaku aliran kas, dan kelayakan pengoperasiannya.

5.6.1 Biaya Modal Kapal (*Capital Cost*)

Biaya modal dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan yang disediakan oleh David. G.M. Watson (1998) dalam subbab 2.11. Alur perhitungan sehingga diperoleh harga kapal adalah sebagai berikut:

1. Data awal yang diperlukan adalah ukuran utama kapal (L,B,T,H) dan *engine power*. Nilai ini diperoleh dengan cara optimasi sesuai dengan model optimasi desain.
2. Setelah itu, dihitung LWT kapal dengan membagi menjadi 4 bagian, yaitu berat baja lambung kapal (*weight of steel hull*), berat bangunan atas dan rumah geladak

(*weight of superstructure & deckhouses*), berat perlengkapan dan peralatan (*weight of equipment & outfitting*), dan berat permesinan (*weight of machinery*).

3. Langkah terakhir adalah menghitung biaya struktur, biaya perlengkapan, biaya permesinan, dan biaya non berat dengan menggunakan grafik yang telah disediakan oleh Watson.

5.6.2 Biaya Pelayaran (*Voyage Costs*)

Merujuk pada literatur, biaya pelayaran terdiri atas biaya bahan bakar (*fuel cost*) dan biaya pelabuhan (*port cost*). Biaya bahan bakar untuk satu *trip* merupakan hasil perkalian antara harga bahan bakar (sesuai jenis) dengan tingkat konsumsinya. Adapun konstanta konsumsi yang digunakan adalah pendekatan pada PP Indonesia “Kalkulasi Tarif Minimal Pelayaran” sebesar $0,13 \text{ m}^3$ untuk setiap 1000 hp daya mesin setiap jam. Alur perhitungan biaya bahan bakar, yaitu:

1. Input data yang diperlukan adalah harga bahan bakar kapal (BBK) jenis MFO dan MDO.
2. Kebutuhan daya mesin dihitung dengan rumus perhitungan hambatan dan tenaga mesin.
3. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh (Parsons, 2001) dan selanjutnya nilai yang diperoleh dikalikan dengan harga bahan bakar kapal yang digunakan sesuai input data. Rumusannya adalah :

$$FC = [SFR \times MCR \times St] \times Fp \quad (5.6)$$

Dimana : $FC = \text{Fuel Cost}$

$SFR = \text{Specific fuel rate (} 0.13 \text{ m}^3 / 1000 \text{ hp/jam)}$

$MCR = \text{Maximum continuous rate (85\% x daya mesin)}$

S = Jarak tempuh (jam)

Fp = Harga bahan bakar (Rp/m³)

Sedangkan biaya pelabuhan (*port cost*) dihitung berdasarkan tarif yang telah ditentukan di Pelabuhan Bitung dan di pelabuhan yang ada di kepulauan. Dalam tugas akhir ini yang termasuk biaya pelabuhan adalah biaya labuh, tunda, pandu, bongkar muat, dermaga dan gudang.

5.6.3 Biaya Operasional Kapal (*Operational Cost*)

Biaya operasional kapal terdiri dari biaya gaji ABK, biaya perawatan kapal, biaya perbekalan dan minyak pelumas. Biaya ABK ditentukan berdasarkan ukuran kapal yang digunakan. Semakin besar kapal semakin banyak pula ABK yang diperlukan sehingga gaji yang harus dibayar semakin besar. Gaji ABK diperoleh dengan membandingkan gaji ABK di PT. Pertamina Shipping.

Biaya perbekalan kapal dihitung dengan menggunakan asumsi bahwa uang makan ABK adalah Rp 20.000,00 sekali makan sehingga dalam sehari tiap ABK mendapat uang makan sebanyak Rp 60.000,00. Biaya pelumas dihitung dengan menggunakan rumus estimasi dari Watson (1998), yaitu setiap 1000 kW mesin membutuhkan pelumas sebesar 35 liter. Biaya perawatan kapal dihitung dengan menggunakan estimasi dari M. Stopford (2003), yaitu sebesar 16% dari total biaya operasi. Sedangkan biaya asuransi juga didapat dari literatur yang sama yaitu 30% dari total biaya operasi



Bab 6. ANALISA DAN PEMBAHASAN

6.1 Penentuan Kapal

Dalam Tugas Akhir ini, penentuan kapal erat kaitannya dengan *owner requirement*, yang dimaksud dengan *owner requirement* adalah pertimbangan yang digunakan dalam pemilihan kapal dengan beberapa batasan – batasan untuk menentukan baik itu dari jenis maupun ukuran kapal, jadi *requirement* dimaksud bukan merupakan permintaan dari pemilik kapal, namun permintaan terhadap kondisi dimana kapal sendiri itu akan berlayar serta kondisinya seperti apa terlebih menangani daerah terdampak bencana. Berikut merupakan *requirement* yang harus diperhatikan dalam proses mendesain kapal, antara lain :

1. *Payload*

Payload diperoleh dari hasil proyeksi jumlah penduduk yang kemudian dikalikan dengan spesifikasi logistik bencana seperti sudah dibahas pada subbab 4.2. Dengan diketahui *payload* maka DWT kapal dapat dicari dengan menggunakan asumsi nilai DWT adalah 110% nilai *payload* yang kemudian bisa ditentukan ukuran utama kapal melalui data pembanding kapal dengan metode regresi linier yang akan dibahas lebih lanjut pada subsubbab. Pada subbab 5.3 telah dibahas tentang penggunaan tiga buah variasi ukuran kapal.

2. Jenis Muatan

Pada subbab 4.2 telah dibahas tentang logistik yang akan diangkut ke daerah tujuan, dapat disimpulkan logistik tersebut merupakan muatan *cargo*, jadi opsi jenis kapal yang tersedia adalah *Landing Craft Tank (LCT)*, *General Cargo*, katamaran, dan juga kapal petikemas.

3. Infrastruktur

Infrastruktur dimaksud adalah fasilitas pelabuhan di titik suplai kapal baik itu dermaga, alat bongkar dan muat ataupun fasilitas pergudangan, karena diasumsikan dalam keadaan bencana maka fasilitas pelabuhan di titik suplai tidak dapat dipergunakan sehingga kapal diwajibkan mampu sandar dan juga melakukan aktifitas bongkar dan muat sendiri.

4. *Time to Service*

Time to service merupakan batasan mutlak yang harus dipenuhi, karena situasi tanggap darurat bersifat *time to respond* yang dalam bahasa pelayaran diterjemahkan menjadi *Round Trip Days* (RTD). Umumnya kebutuhan korban terdampak harus terpenuhi selama satu minggu (7 hari), jumlah konsumsi kebutuhan logistik per orang telah dijelaskan pada subbab 4.2 yang kemudian dikalikan tujuh hari yang nantinya akan berpengaruh terhadap ukuran kapal dan juga kecepatan kapal yang diperlukan cukup tinggi. Pada subbab 5.3 telah dibahas akan digunakan tiga buah variasi kapal, yaitu kapal 1 Periode (7 Hari), 1 Periode (5 Hari) dan 1 Periode (3 Hari).

4. Optimasi Desain Kapal

Karena sifat bencana yang *random* dan tidak tentu, maka kapal juga didesain untuk melakukan pelayaran komersil, dimana optimasi desain ini sendiri berarti menentukan desain kapal yang paling optimum guna mendapat *transportation cost* yang sekecil mungkin.

5. Radius Operasi

Seperti yang sudah dipaparkan di subbab 5.1, radius atau jarak pelayaran untuk memenuhi semua titik suplai adalah sebesar 394,4 *nautical mile* yang berarti dibutuhkan kapal dengan *range* pelayaran yang tinggi.

6. Kondisi Lingkungan

Faktor ini menjadi sangat penting, dimana hal yang menjadi pertimbangan adalah kondisi perairan di daerah pelayaran, poin penting perlu diperhatikan adalah tinggi gelombang yang nantinya akan berpengaruh terhadap ukuran utama kapal. Tinggi gelombang perairan di daerah Nias Selatan adalah 2,5 meter (*Sumber* : www.maritim.bmkg.go.id) sehingga sarat kapal minimum terpenuhi adalah sebesar 2,5 meter.

Tabel 6.1 Parameter Pemilihan Jenis Kapal

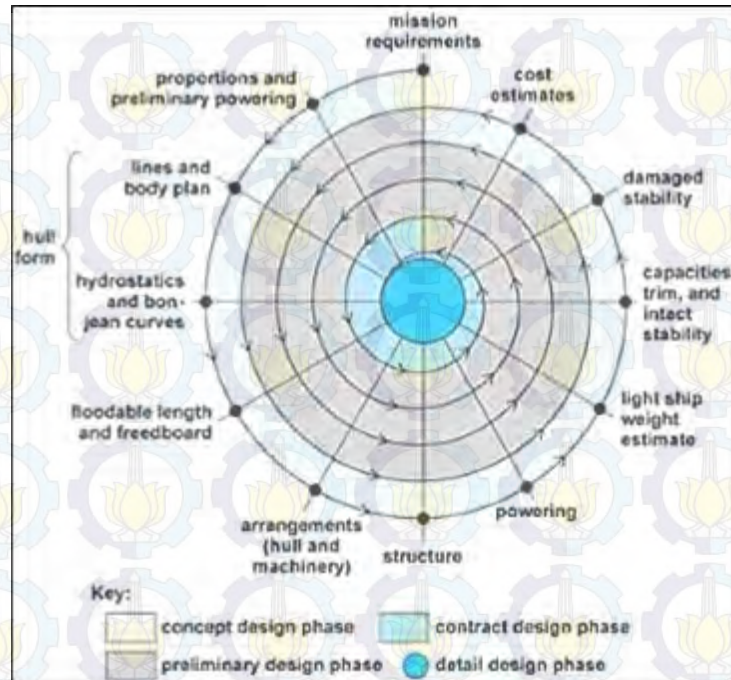
No	Jenis Kapal	Kecepatan Dinas		Radius Operasi		Nilai Cb		Jenis Muatan (Cargo)	Kemampuan Sandar di Pantai Terbuka	Skor
		Nilai (knot)	Skor	Nilai (Nm)	Skor	Nilai	Skor			
1	Katamaran	30	5	1.200	4	0,59	3	Yes	Yes	12
2	General Cargo	12	3	2.100	5	0,84	5	Yes	No	13
3	Petikemas	12	3	2.100	5	0,63	4	Yes	No	12
4	Landing Craft Tank	12	2	2.100	5	0,79	5	Yes	Yes	12
5	Self Propelled Barge	12	2	1.200	4	0,79	5	Yes	No	11

Keterangan :

- Nilai Skor dengan skala 0 – 5
- Semakin Besar nilai C_b semakin baik, karena dengan besarnya nilai C_b , maka bentuk lambung kapal akan mendekati bentuk kotak sehingga volume ruang muat semakin besar mampu memuat *payload* lebih besar namun konsekuensinya hambatan menjadi besar
- Poin Kemampuan Sandar di Pantai Terbuka menunjukkan kemampuan kapal sandar tanpa adanya pelabuhan
- Poin Jenis Muatan (*Cargo*) memastikan apakah kapal mampu mengangkut muatan jenis tersebut.

Pada Tabel 6.1 menunjukkan parameter penilaian jenis kapal yang akan dipilih, pemberian skor didasari oleh radius operasi, kecepatan kapal, kapasitas muat serta kemampuan sandar kapal tersebut dengan tanpa adanya pelabuhan, nilai tertinggi diperoleh kapal *General Cargo* dengan skor tertinggi senilai 13 namun kapal ini tidak layak dari sisi kemampuan sandar di pantai terbuka, sebenarnya kapal katamaran juga merupakan opsi yang mendekati namun karena nilai C_b -nya (Parsons, 2001) kecil maka ruang muat untuk logistik bencana tidak cukup, maka dipilihlah kapal *Landing Craft Tank (LCT)* dengan skor 12 namun dapat mengangkut muatan dengan volume besar serta mampu sandar tanpa adanya pelabuhan. Sedangkan kapal lain tidak memenuhi persyaratan untuk mampu sandar tanpa adanya pelabuhan.

Dari *requirement* yang telah dipaparkan seperti di atas, kapal yang paling ideal yang digunakan dalam pelayaran dalam Tugas Akhir ini adalah kapal *Landing Craft Tank (LCT)*, dengan pertimbangan kapal ini mampu mengangkut muatan *cargo*, mampu dioperasikan tanpa adanya pelabuhan, proses bongkar muat dapat dilakukan dengan menggunakan truk yang dibawa oleh kapal ini sendiri, mempunyai kecepatan tinggi hingga 14 knot untuk pelayaran komersil sesuai yang dipaparkan oleh (Sumber : www.ww2lct.org) sehingga memenuhi batasan *time to service* serta radius pelayaran yang tinggi hingga 1.200 *nautical mile*. Selain requirement seperti di atas, pendekatan spiral design juga harus diterapkan pada proses pemilihan kapal. Pada metode ini digunakan parameter misalnya (L , B , T , C_b , LCB dll) sebagai ukuran utama yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung R_t , merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim dll secara detail. Proses desain kapal memiliki sifat siklus berulang yang paling umum digambarkan oleh *spiral design*, selain guna mendapat kapal dengan spesifikasi teknis optimum, juga diharapkan optimum dari sisi *transportation cost*.

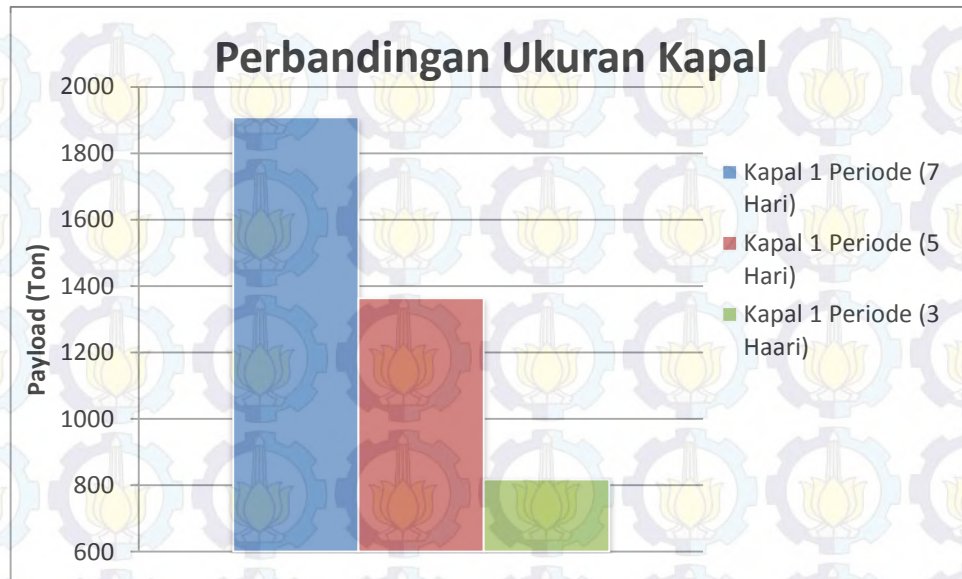


Gambar 6.1 Perancangan Dengan *Spiral Design*

Pada gambar 6.1 tersebut, dapat dilihat ada poin *cost estimate* yang berarti merupakan harga membangun kapal tersebut, dalam pelayaran semakin kecil nilai tersebut akan semakin bagus karena akan berpengaruh terhadap *transportation costnya* itu sendiri, dalam Tugas Akhir kali ini proses desain tidak hanya terpaku pada analisis teknis saja, namun juga pada poin *cost estimate* sehingga alur perhitungan ada fase dimana dihitung kelayakan ekonomi dan operasi dulu yang dilanjutkan dengan analisis teknis.

6.1.1 Ukuran Utama Kapal

Pada tahap analisis ini, 1 periode *supply* logistik bencana divariasikan menjadi 3, yaitu 1 periode selama (7 hari), 1 periode selama (5 hari) dan 1 periode selama (3 hari) sesuai penjabaran subbab 5.3. Pertimbangan pemilihan jumlah *supply* ini didasarkan kepada untuk memenuhi ketahanan logistik bencana kepada para korban terdampak bencana. Besarnya tiap periode ternyata mempengaruhi terhadap payload kapal yang tentunya berpengaruh terhadap kapal yang akan digunakan dalam pelayaran, sehingga semakin besar periode pengiriman maka ukuran kapal akan semakin besar dan begitu juga sebaliknya.



Gambar 6.2 Pengaruh Supply Logistik Terhadap Payload Kapal

Pada grafik 6.2 dapat dilihat bahwa semakin besar periode supplainya, *payload* kapal juga akan semakin besar. Untuk periode suplai 7 hari, *payload* kapal sebesar 1.909 ton dan terkecil adalah kapal periode 3 hari dengan *payload* sebesar 818 ton serta kapal periode 5 hari dengan *payload* sebesar 1.363 ton, selisih besar *payload* terbesar yang terjadi sekitar 57%. Perhitungan *payload* adalah jumlah konsumsi per hari ditambah dengan *safety stock* sebesar 20% untuk mengantisipasi adanya peningkatan konsumsi masyarakat. Dengan diperolehnya besar nilai *payload*, maka ukuran utama kapal dapat ditentukan dengan persamaan DWT adalah 110% nilai *payload*, maka berturut – turut nilai *payload* adalah 2.096 ton, 1.500 ton dan 900 ton.

1. Kapal 1 Periode (7 Hari)

Telah diketahui *payload* kapal adalah sebesar 1.909 ton dengan DWT sebesar 2.096 ton, maka dari data tersebut dapat ditentukan ukuran utamanya seperti panjang *Length Of Perpendicular* (Lpp), lebar *Breadth* (B), sarat *Draught* (D) dan juga tinggi *Height* (H) kapal menggunakan metode regresi linier dengan membandingkan DWT terhadap Lpp (DWT-Lpp), DWT terhadap B (DWT-B), DWT terhadap D (DWT-D) dan DWT terhadap T (DWT-T) yang akan ditampilkan perhitungannya di lampiran. Berikut dimensi kapal yang diperoleh sesuai pembahasan subbab 5.3 :

- Lpp : 75 meter
- D : 5,5 meter
- T : 3,38 meter

- B : 15,95 meter

2. Kapal 1 Periode (5 Hari)

Telah diketahui payload kapal adalah sebesar 1.363 ton dengan DWT sebesar 1.500 ton, maka dari data tersebut dapat ditentukan ukuran utamanya seperti panjang *Length Of Perpendicular* (Lpp), lebar *Breadth* (B), sarat *Draught* (D) dan juga tinggi *Height* (H) kapal menggunakan metode regresi linier dengan membandingkan DWT terhadap Lpp (DWT-Lpp), DWT terhadap B (DWT-B), DWT terhadap D (DWT-D) dan DWT terhadap T (DWT-T) yang akan ditampilkan perhitungannya di lampiran. Berikut dimensi kapal yang diperoleh sesuai pembahasan subbab 5.3 :

- Lpp : 64,92 meter
- D : 4,70 meter
- T : 3,13 meter
- B : 14,12 meter

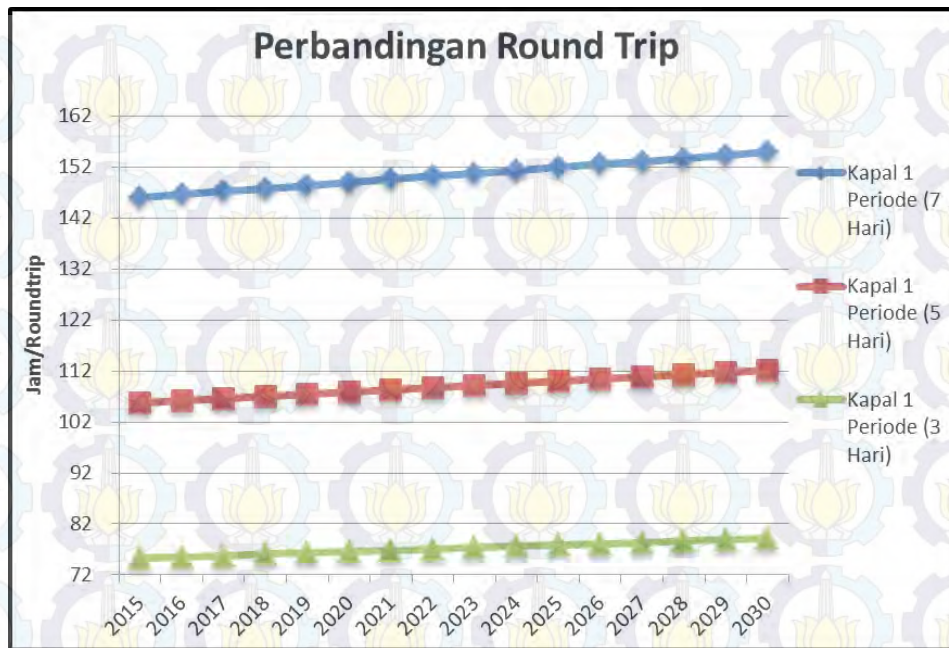
3. Kapal 1 Periode (3 Hari)

Ukuran utama kapal ini diperoleh dari kapal eksisting yang diperoleh dari (*Sumber* : www.bki.go.id) dengan nama kapal KM. Agung Sejati, berikut merupakan dimensi kapal ini :

- Lpp : 51 meter
- D : 3,6 meter
- T : 2,8 meter
- B : 12,8 meter

6.1.2 Kelayakan *Time to Service*

Analisis yang dilakukan pada subbab ini adalah untuk mengetahui apakah *Round Trip Days* (RTD) sesuai dengan *output* yang diinginkan sesuai dengan diagram alir pada subbab 3.1, berikut merupakan grafik RTD dari 3 skenario periode pengiriman.



Gambar 6.3 Perbandingan *Time to Service* 3 Variasi Kapal

Batasan untuk 1 periode pengiriman (7 Hari) adalah 168 jam, hingga tahun 2030 kapal ini masih memenuhi batasan tersebut dengan waktu 146 jam pada tahun ke – 15 dengan input kecepatan kapal yang dicoba adalah sebesar 9 knot, sedangkan batasan untuk 1 periode pengiriman (5 Hari) adalah 120 jam, hingga tahun 2030 kapal ini masih memenuhi batasan tersebut dengan waktu 102 jam dengan input kecepatan yang dicoba sebesar 12 knot pada tahun ke – 15 dan, terakhir batasan untuk 1 periode pengiriman (3 Hari) adalah 72 jam, kapal ini pada tahun pertama sudah tidak memenuhi batasan tersebut dengan waktu 75 jam pada tahun 2015 dengan kecepatan sesuai spesifikasi eksisting sebesar 9 knot, jika ingin memenuhi *Round Trip* kapal ini minimal harus mempunyai kecepatan sebesar 17 knot yang dalam dunia pelayaran komersil tidaklah mungkin, sehingga kapal dengan ukuran paling kecil ini tidak memenuhi kriteria kelayakan sesuai *output* yang diinginkan.

6.2 Analisis Teknis Kapal 1 Periode (7 Hari)

Pada tahap analisis kali ini, yang dibandingkan hanya 2 variasi, karena pada analisis kelayakan *time to service* kapal 1 Periode (3 Hari) tidak memenuhi kriteria tersebut, sehingga yang dibandingkan adalah kapal 1 Periode (7 Hari) dengan kapal 1 Periode (5 Hari). Berikut merupakan analisis teknisnya.

6.2.1 Hambatan dan Tenaga Mesin

Perhitungan hambatan berdasarkan formula *kapparetof* akan memberikan nilai sebagai berikut :

- a) Hambatan Air

$$W_{air} = f \cdot S \cdot V^{1,83} + p \cdot F_x \cdot V^2$$

$$W_{air} = 371,109 \text{ kN}$$

- b) Hambatan Udara

$$W_{udara} = 0.0041 \cdot (0.3 A_1 + A_2) V_A^2$$

$$W_{udara} = 0,28049 \text{ kN}$$

Maka hambatan totalnya adalah :

$$RT = (W_{air} + W_{udara}) + \text{margin } 15\%$$

$$RT = 427,098 \text{ kN}$$

Berdasarkan nilai hambatan total tersebut, maka perhitungan daya mesin dapat dilakukan menggunakan rumusan pada subbab 2.9.4. Hasilnya adalah sebagai berikut :

- a) P_e (*Effective Horsepower*) = 1098,5 kW
- b) P_d (*Delivered at Propeller*) = 1417,45 kW
- c) P_b (*Brake Horse Power*) = 1475,9 kW

Nilai kebutuhan tenaga (P_b) menjadi kebutuhan tenaga mesin kapal, yaitu setara dengan 2.412 HP. Kapal direncanakan memiliki satu unit mesin utama dan daya terpasang untuk mesin sesuai dengan daya yang tersedia di katalog yaitu sebesar 2.413 HP.

6.2.2 Berat dan Displacement Kapal

Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan formula yang diberikan *David G.M Watson* dalam bukunya *Practical Ship Design*. Perhitungan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- 1) Menghitung LWT Kapal

- Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \times E^{1,36}$$

Dimana,

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 h_2)\}$$

$$E = 110 = 10,94$$

$$K = 0,033$$

$$W_{si} = 761,73 \text{ ton}$$

Selanjutnya dilakukan koreksi karena pengurangan material untuk *scrap* yaitu :

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si}) \quad ; \quad \% \text{Scrap} = 8,48\% \text{ (grafik watson)}$$

$$W_{si}' = 839,96 \text{ Ton}$$

Koreksi berikutnya ialah koreksi koefisien blok kapal. Maka nilai koreksinya sebesar :

$$W_{st} = W_{si}' (1 + 0,05 (C_b' - C_b)) \quad ; \quad C_b' = 0,79$$

$$W_{st} = 843,36 \text{ ton}$$

- o Perhitungan berat perlengkapan (*EO*) dilakukan dengan mengadopsi metode dalam buku *ship design for efficiency and economy* (H Schneekluth, 1998). Perhitungan berat *EO* terbagi menjadi dua bagian yaitu untuk rumah geladak (*group III : Living Quarters*) dan selain rumah geladak (*group IV : Miscellaneous*).

- *Weo Living Quarters*

$$Weo \text{ Living Quarters} = \text{Luas Houses} \cdot Calv$$

Dimana,

$$Calv = 165 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Luas houses} = 258,135 \text{ m}^2$$

$$Weo \text{ Living Quarters} = 51,5 \text{ ton}$$

- *Weo Miscellaneous*

$$\text{Weo Miscellaneous} = (L \cdot B \cdot H)^{2/3} \times \text{Ceo}$$

$$\text{Dimana, Ceo} = 0,18 \text{ Ton/ m}^2$$

$$\text{Weo selain houses} = 46,54 \text{ Ton}$$

- *Weo total*

$$\text{Weo Total} = \text{Weo Living Quarters} + \text{Weo selain houses}$$

$$\text{Weo total} = 154,64 \text{ Ton}$$

- Perhitungan berat permesinan kapal dilakukan dengan mengadopsi rumusan yang diberikan oleh (Watson, 1998). Hasil perhitungannya sebagai berikut :

- *Berat Mesin Utama*

$$\text{Berat mesin} = 18 \text{ Ton}$$

$$\text{Jumlah mesin} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Total Wme} = 18 \text{ Ton}$$

- *Berat Mesin Bantu*

$$\text{Wae tiap mesin} = 3,7 \text{ Ton}$$

$$\text{Jumlah mesin} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Total Wae} = 3,7 \text{ Ton}$$

- *Berat Remainder*

$$\text{Wr} = K \cdot \text{MCR}^{0.7}$$

$$\text{Dimana; } K = 0,69$$

$$\text{MCR} = 1741,56 \text{ Kw}$$

$$\text{Wr} = 64,04 \text{ Ton}$$

Maka berat permesinan total adalah 85,74 Ton.

- o Perhitungan berat cadangan dan LWT Total

$$W_{res} = (3 - 10)\% \times LWT$$

Dimana : LWT = Jumlah total dari poin a sampai c.

$$= 1162,126 \text{ Ton}$$

$$\text{Koefisien cadangan} = 3\%$$

Maka berat cadangan (W_{res}) adalah sebesar 20,8 Ton. Nilai ini ditambahkan ke nilai LWT awal sehingga berat LWT kapal adalah 714,98 Ton.

2) Perhitungan DWT Kapal

Seperti dijelaskan pada subbab 2.9.4 , komponen DWT terdiri dari berat *payload*, *consumable* dan *complement*. Besarnya dipengaruhi oleh daya mesin dan jumlah crew yang ada diatas kapal. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

a) $\text{Payload} = 1.909 \text{ Ton}$

b) *Consumble* (Bahan bakar)

Perhitungan consumble dibagi menjadi tiga bagian yaitu perhitungan bahan bakar mesin utama (MFO), mesin bantu (MDO), dan minyak lumas (Lub Oil)

- $\text{Kebutuhan MFO} = \text{SFOC} \times \text{Seatime}$

Dimana, $\text{SFOC} = 0,044 \text{ ton/jam}$

$$\text{Seatime} = 35 \text{ jam}$$

$$\text{Kebutuhan MFO/trip} = 8 \text{ Ton}$$

- $\text{Kebutuhan MDO} = \text{SDOC} \times \text{Turn Round Time}$

Dimana, $\text{SDOC} = 0.22 \text{ Ton/jam}$

$$\text{RTD} = 155 \text{ jam}$$

$$\text{Kebutuhan MDO/trip} = 9,2 \text{ Ton}$$

- Kebutuhan *Lub Oil* = SLOC x TRT

Dari buku *Practical Ship Design* (Watson, 1998) memberikan bahwa SLOC adalah 35 liter/hari/Kw. Nilai ini dirubah kedalam satuan ton dan besarnya disesuaikan dengan daya mesin terpasang. Maka didapat SLOC untuk *main engine* sebesar 0.2 kg/jam dan *auxilliary engine* sebesar 0.7 kg/jam. Kebutuhan totalnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan Lub}_{me} = \text{SLOC}_{me} \times \text{Seatime}$$

$$= 2,34 \text{ kg/trip}$$

$$\text{Kebutuhan Lub}_{ae} = \text{SLOC}_{ae} \times \text{TRT}$$

$$= 0,46 \text{ kg/trip}$$

- Kebutuhan air tawar = Wfw x jumlah crew x RTD

Dalam *Parametric design*(Parsons, 2001) diberikan asumsi penggunaan air bersih (Wfw) sebesar 0,17 ton/orang/hari untuk kapal-kapal pelayaran jauh. Besarnya koefisien konsumsi air bersih dikoreksi menjadi 0,1 ton/orang/hari karena perbedaan karakter *crew* Indonesia. Jumlah crew kapal ditentukan sebanyak 14 orang sehingga total kebutuhan air tawar menjadi :

$$\text{Kebutuhan air tawar} = 0,1 \text{ ton/orang/hari} \times 15 \times 1.96 \text{ hari}$$

$$= 1,7 \text{ ton/trip}$$

- Kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin = Wpm x Daya x *Seatime*

Koefisien kebutuhan air tawar pendingin mesin diasumsikan sebesar 2 kg/HP, daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kapal adalah 716.45 HP. Hasil perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Air Tawar pendingin mesin} = 2 \text{ kg/HP/jam} \times 1341 \text{ HP} \times 1.96 \text{ hari}$$

$$= 24 \text{ ton/trip}$$

c) *Complement (Provision and Store)*

Perhitungan *provision and store* dibagi menjadi 2 bagian yaitu perhitungan berat perbekalan dan perhitungan berat bawaan *crew*.

- Perbekalan = Koefisien perbekalan x jumlah crew x TRT

Koefisien perbekalan dari *Parametric design* (Parsons, 2001) ialah 10 kg/orang/hari. Maka perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned}\text{Perbekalan} &= 10 \text{ kg/orang/hari} \times 15 \text{ orang} \times 1.96 \text{ hari} \\ &= 0,17 \text{ ton/trip}\end{aligned}$$

- Crew dan bawaan = Koefisien *crew* dan bawaan x Jumlah *crew*

Koefisien crew dan bawaan ($C_{c\&e}$) adalah 0,17 ton/orang (Parsons, 2001). Nilai ini dikoreksi menyesuaikan dengan karakter *crew* di Indonesia (ukuran tubuh yang lebih kecil) menjadi 0,1 ton/orang. Dengan jumlah crew 15 orang, maka berat total crew dan bawaannya menjadi 1,5 ton.

d) Perhitungan DWT Total

Nilai DWT total dapat dihitung dengan menjumlahkan komponen penyusunnya dari poin *payload* (a), *consumable* (b), dan *complement* (c). Berdasarkan penjumlahan tersebut, nilai DWT adalah 1.954 Ton.

3) Perhitungan Berat dan *Displacement* kapal

Berat kapal dapat dihitung dengan menjumlahkan berat bagian komponen kapal yang bersifat tetap (LWT) dengan bagian komponen kapal yang bisa dipindahkan (DWT). Berdasarkan perhitungan sebelumnya diketahui bahwa nilai LWT adalah 1162,2 Ton dan DWT adalah 1.954 Ton. Maka nilai berat total kapal adalah 3.070 ton.

Sedangkan *displacement* kapal adalah berat total air yang dipindahkan akibat badan tercelup kapal. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Displacement} &= L \times B \times T \times C_b \times \rho \text{ air laut} \\ &= 3.285,3 \text{ Ton}\end{aligned}$$

6.2.3 Kesesuaian Hukum Fisika

Hal pertama yang harus dipenuhi dalam perancangan sebuah kapal ialah ketersediaan daya apung kapal. Kemampuan daya apung dapat dilihat dari kesesuaian antara berat dengan dengan *displacement* kapal. Dalam Proses optimasi ini besarnya selisih yang diijinkan ialah 2%-10%. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\% \text{ selisih} &= \frac{\text{Displacement}-\text{Berat}}{\text{displacement}} \times 100\% \\ &= \frac{3285-3070}{2.142,6} \times 100\% \\ &= 7 \% \text{ (Kriteria memenuhi)}\end{aligned}$$

6.2.4 Kesesuaian *Freeboard*

Perhitungan freeboard dilakukan sesuai dengan teori yang telah dijelaskan pada subbab 2.97. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a) Tipe kapal merupakan tipe B jenis *Landing Craft Tank* (LCT)
- b) Freeboard standar sesuai dengan tipe (B) dan panjang kapal (63 m) adalah 613 mm.
- c) Koreksi untuk panjang kapal dibawah 100 m (Fb_1) dan panjang efektif superstructure (E) $< 35\%L$. Perhitungannya sebagai berikut :
 - E = Panjang efektif superstructure = 7,25 m
 - $35\% L = 35\% \times 63 = 26,3 \text{ m}$

Dari perhitungan dapat dilihat bahwa $E < 35\%L$, maka tidak ada koreksi.

- d) Koreksi untuk tinggi kapal dilakukan apabila tinggi kapal (D) lebih dari $L/15$. Nilai tinggi kapal adalah 5,50 m, sedangkan nilai $L/15$ adalah 5,5 m. Dari nilai tesebut terlihat bahwa nilai tinggi kapal lebih dari $L/15$. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi.
- e) Koreksi pengurangan karena panjang *superstructure* didapat dari tabel pengurangan *freeboard*. Persentase pengurangan dapat ditentukan dari persentase panjang superstructure terhadap panjang kapal. Dengan panjang

efektif 7,25 m, maka persentase terhadap panjang kapal menjadi 0.1 L. Dari tabel 6.1 dapat dilihat persentase pengurangan freeboardnya adalah 7 % dari freeboard standar atau setara dengan -54,1 mm.

	Total Panjang Efektif Superstructure										
x . L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Prosentase Pengurangan	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

Gambar 6.4 Presentase Pengurangan Freeboard

Tabel 6.2 Rekapitulasi Koreksi Freeboard

Rekapitulasi		
1) Correction for ship under 100 m in length		0 mm
2) Block Coefficient Correction		0,000 mm
3) Depth Correction		76,20754 mm
4) Koreksi Bangunan atas		-54,11 mm
5) Koreksi Sheer		30,67079 mm
6) Correction of minimum bow height		0 mm
Total Freeboard		825,77 mm
Actual Freeboard (H-T)		2112,82 mm
Kondisi Freeboard		OK

6.2.5 Kesesuaian Stabilitas

Dalam perhitungan stabilitas, diperlukan masukan data terkait dengan karakter kapalnya. Data tersebut antara lain :

Tabel 6.3 Input Perhitungan Stabilitas

Lwl =	214,96	Feet	B =	39,37	Feet	
T =	11,48	Feet	Ld =	24,66	Feet	; Panjang Bangunan Atas
B _w =	39,37	Feet	d =	7,22	Feet	; Tinggi bangunan atas
H-T	6,56	Feet	Cb =	0,79		
D _m =	18,04	Feet	Cw =	0,872		Cb/(0.471+0.551Cb)
Δ ₀ =	2108,86	Long Ton	Cx (Cm)=	0,993		1.006 - 0.0056Cb -3.56
Sf =	0,000	Feet	Sa =	0,000	Feet	

Tabel 6.4 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

Stabilitas	Item	Unit	Simbol	Min	Value
	MG pada sudut oleng 0^0	m	MG_0	0.15	2,26
	Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$	m	LS_{30}	0.2	4,31
	Sudut kemiringan pada LS maksimum	deg	LS_{maks}	25	43,22
	Lengan dinamis pada 30^0	m.rad	Ld_{30}	0.055	0,56
	Lengan dinamis pada 40^0	m.rad	Ld_{40}	0.09	0,90
	Luas Kurva GZ antara 30^0 - 40^0	m.rad		0.03	0,35

Data pada tabel 7.23 memperlihatkan bahwa jarak titik metasenter terhadap titik berat kapal pada sudut oleng 0^0 ialah 2,32 m, memenuhi syarat minimalnya sebesar 0,15 m. Nilai lengan statis pada sudut oleng lebih dari 30^0 juga memenuhi syarat minimalnya sebesar 4,66 m. Kesesuaian syarat stabilitas juga diperlihatkan dengan nilai lengan dinamis pada sudut 30^0 , 40^0 , dan luas kurva diantaranya dengan nilai 0,60 m.rad, 0,98 m.rad, dan 0,38 m.rad.

6.2.6 Kesesuaian Trim

Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a) Perhitungan trim membutuhkan nilai-nilai tertentu yang akan dimasukkan kedalam rumus perhitungannya. Nilai-nilai yang diperlukan adalah :

- $$KB/T = 0,9 - 0,3C_m - 0,1C_b$$

Dimana, $C_m = 0,993$
 $C_b = 0,79$

$$KB/T = 0,52$$

- $$KB = KB/T \times T$$

$$= 0,52 \times 3,51$$

$$= 1,83 \text{ m}$$

- $$C_1 = 0.1216C_w - 0,041$$

Dimana, $C_w = 0,905$

$$C_1 = 0,06$$

- $I_T = C_1 \times L_{pp} \times B^3$

$$I_T = 0,07 \times 56,79 \text{ m} \times (8,16 \text{ m})^3$$

$$I_T = 7.075,83 \text{ m}^4$$

- $BM_T = I_T / v$

Dimana, $v = L \times B \times T \times C_b$

$$V = 3285 \text{ m}^3$$

$$BM_T = 19824 \text{ m}^4 / 1688 \text{ m}^3$$

$$BM_T = 6,19 \text{ m}$$

- $C_{IL} = 0,35C_w^2 - 0,405C_w + 0,146$

$$C_{IL} = 0,06$$

- $I_L = C_{IL} \times B \times L_{pp}^3$

$$I_L = 0,07 \times 8,16 \text{ m} \times (63 \text{ m})^3$$

$$I_L = 298910,59 \text{ m}^4$$

- $BM_L = I_L / V$

$$BM_L = 398910,59 \text{ m}^4 / 2142,60 \text{ m}^3$$

$$BM_L = 124,46 \text{ m}$$

- $GM_L = B_{ML} + KB - KG$

Dimana, $KG = 3,03 \text{ m}$

$$GM_L = 122,70 \text{ m}$$

b) Berdasarkan nilai pada perhitungan poin (a), kalkulasi kondisi trim kapal dapat dilakukan dengan batasan bahwa trim kapal yang terjadi harus trim buritan. Selain itu, persentase nilai trim terhadap panjang kapal harus kurang dari 1 (satu) persen. Trim buritan terjadi apabila besarnya trim bernilai positif. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- $\text{Trim} = T_a - T_f$

$$= (LCG - LCB) \times L / GM_L$$

Dimana, $LCG = 41,87 \text{ m dari FP}$

$LCB = 27,75 \text{ dari FP}$

$$\text{Trim} = ((41,87 - 27,751) \times 75 \text{ m}) / 75 \text{ m}$$

$$= 0,64 \text{ (Trim buritan)}$$

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ \% Selisih} &= [(T_a - T_f) / L] \times 100\% \\ &= [0,64 / 75] \times 100\% \\ &= 0,85 \% \text{ (kurang dari 1\%, memenuhi syarat trim)} \end{aligned}$$

Tabel 6.5 Rekapitulasi Batasan

Constraint	Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
	Froude Number	$F_n = V / (g \cdot L_{pp})^{0.5}$				0,19	0,32	Accepted
	Stabilitas	MG pada sudut oleng 0°	m	MG_0	0,15	1,75		Accepted
		Lengan statis pada sudut oleng $>30^\circ$	m	LS_{30}	0,2	3,58		Accepted
		Sudut kemiringan pada L_s maksimum	deg	LS_{maks}	25	42,14		Accepted
		Lengan dinamis pada 30°	m.rad	Ld_{30}	0,055	0,46		Accepted
		Lengan dinamis pada 40°	m.rad	Ld_{40}	0,09	0,75		Accepted
		Luas Kurva GZ antara $30^\circ - 40^\circ$	m.rad		0,03	0,28		Accepted
	Freeboard	F_s	m	F	484,96	826		Accepted
	Displacement	Koreksi displacement	%		2,00%	7,00%	10,00%	Accepted
	Trim	Selisih Trim	%		0%	0,8%	1,00%	Accepted
		Kondisi Trim				trim buritan		Accepted
	Kapasitas	Payload	%		100%	100,00%	110%	Accepted
	Operasi	TRT Maks	Jam		0	154,88	168,00	Accepted
	Rasio			L/B	3,47	4,69	7,250	Accepted
				L/H	6,50	13,64	14,00	Accepted
				B/T	2,00	2,91	4,600	Accepted
				D/T	1,28	1,63	2,400	Accepted

6.3 Analisis Teknis Kapal 1 Periode (5 Hari)

Pada tahap analisis kali ini, yang dibandingkan hanya 2 variasi, karena pada analisis kelayakan *time to service* kapal 1 Periode (3 Hari) tidak memenuhi kriteria tersebut, sehingga yang dibandingkan adalah kapal 1 Periode (7 Hari) dengan kapal 1 Periode (5 Hari). Berikut merupakan analisis teknisnya.

6.3.1 Hambatan dan Tenaga Mesin

Perhitungan hambatan berdasarkan formula *kapparetof* akan memberikan nilai sebagai berikut :

c) Hambatan Air

$$W_{air} = f \cdot S \cdot V^{1,83} + p \cdot F_x \cdot V^2$$

$$W_{air} = 281,453 \text{ kN}$$

d) Hambatan Udara

$$W_{udara} = 0.0041 \cdot (0.3 A_1 + A_2) V_A^2$$

$$W_{udara} = 0,26301 \text{ kN}$$

Maka hambatan totalnya adalah :

$$RT = (W_{air} + W_{Udara}) + \text{margin } 15\%$$

$$RT = 323,974 \text{ kN}$$

Berdasarkan nilai hambatan total tersebut, maka perhitungan daya mesin dapat dilakukan menggunakan rumusan pada subbab 2.9.4. Hasilnya adalah sebagai berikut :

$$d) P_e (\text{Effective Horsepower}) = 647,948 \text{ kW}$$

$$e) P_d (\text{Delivered at Propeller}) = 831,16 \text{ kW}$$

$$f) P_b (\text{Brake Horse Power}) = 865,431 \text{ kW}$$

Nilai kebutuhan tenaga (P_b) menjadi kebutuhan tenaga mesin kapal, yaitu setara dengan 1.341 HP. Kapal direncanakan memiliki satu unit mesin utama dan daya terpasang untuk mesin sesuai dengan daya yang tersedia di katalog yaitu sebesar 1.369 HP.

6.3.2 Berat dan Displacement Kapal

Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan formula yang diberikan *David G.M Watson* dalam bukunya *Practical Ship Design*. Perhitungan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

4) Menghitung LWT Kapal

- Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \times E^{1,36}$$

Dimana,

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 h_2)\}$$

$$E = 110 = 10,94$$

$$K = 0,033$$

$$W_{si} = 527,98 \text{ ton}$$

Selanjutnya dilakukan koreksi karena pengurangan material untuk *scrap* yaitu :

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si}) \quad ; \quad \% \text{Scrap} = 8,48\% \text{ (grafik watson)}$$

$$W_{si}' = 582,21 \text{ Ton}$$

Koreksi berikutnya ialah koreksi koefisien blok kapal. Maka nilai koreksinya sebesar :

$$W_{st} = W_{si}' (1 + 0,05 (C_b' - C_b)) \quad ; \quad C_b' = 0,79$$

$$W_{st} = 584,54 \text{ ton}$$

- Perhitungan berat perlengkapan (*EO*) dilakukan dengan mengadopsi metode dalam buku *ship design for efficiency and economy* (H Schneekluth, 1998). Perhitungan berat *EO* terbagi menjadi dua bagian yaitu untuk rumah geladak (*group III : Living Quarters*) dan selain rumah geladak (*group IV : Miscellaneous*).

- *Weo Living Quarters*

$$Weo \text{ Living Quarters} = \text{Luas Houses} \cdot Calv$$

Dimana,

$$Calv = 165 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Luas houses} = 258,135 \text{ m}^2$$

$$Weo \text{ Living Quarters} = 44,5 \text{ ton}$$

- *Weo Miscellaneous*

$$Weo \text{ Miscellaneous} = (L \cdot B \cdot H)^{2/3} \times Ceo$$

$$\text{Dimana, } Ceo = 0,18 \text{ Ton/ m}^2$$

$$Weo \text{ selain houses} = 42,21 \text{ Ton}$$

- *Weo total*

$$Weo \text{ Total} = Weo \text{ Living Quarters} + Weo \text{ selain houses}$$

Weo total = 139,01 Ton

- o Perhitungan berat permesinan kapal dilakukan dengan mengadopsi rumusan yang diberikan oleh (Watson, 1998). Hasil perhitungannya sebagai berikut :

- Berat Mesin Utama

Berat mesin = 18 Ton

Jumlah mesin = 1 Unit

Total Wme = 18 Ton

- Berat Mesin Bantu

Wae tiap mesin = 1,42 Ton

Jumlah mesin = 1 Unit

Total Wae = 1,42 Ton

- Berat *Remainder*

$W_r = K \cdot MCR^{0.7}$

Dimana; $K = 0,69$

$MCR = 894,84 \text{ Kw}$

$W_r = 40,1 \text{ Ton}$

Maka berat permesinan total adalah 49,4 Ton.

- o Perhitungan berat cadangan dan LWT Total

$W_{res} = (3 - 10)\% \times LWT$

Dimana : $LWT =$ Jumlah total dari poin a sampai c.

$= 772,98 \text{ Ton}$

Koefisien cadangan = 3%

Maka berat cadangan (W_{res}) adalah sebesar 20,8 Ton. Nilai ini ditambahkan ke nilai LWT awal sehingga berat LWT kapal adalah 796,17 Ton.

5) Perhitungan DWT Kapal

Seperti dijelaskan pada subbab 2.9.4, komponen DWT terdiri dari berat *payload*, *consumable* dan *complement*. Besarnya dipengaruhi oleh daya mesin dan jumlah crew yang ada diatas kapal. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

e) $Payload = 1.363 \text{ Ton}$

f) $Consumble$ (Bahan bakar)

Perhitungan consumble dibagi menjadi tiga bagian yaitu perhitungan bahan bakar mesin utama (MFO), mesin bantu (MDO), dan minyak lumas (Lub Oil)

- $Kebutuhan \text{ MFO} = SFOC \times Seetime$

Dimana, $SFOC = 0,044 \text{ ton/jam}$

$$Seetime = 29,1 \text{ jam}$$

$$Kebutuhan \text{ MFO/trip} = 8 \text{ Ton}$$

- $Kebutuhan \text{ MDO} = SDOC \times Turn \text{ Round Time}$

Dimana, $SDOC = 0.22 \text{ Ton/jam}$

$$RTD = 112 \text{ jam}$$

$$Kebutuhan \text{ MDO/trip} = 9,1 \text{ Ton}$$

- $Kebutuhan \text{ Lub Oil} = SLOC \times TRT$

Dari buku *Practical Ship Design* (Watson, 1998) memberikan bahwa SLOC adalah 35 liter/hari/Kw. Nilai ini dirubah kedalam satuan ton dan besarnya disesuaikan dengan daya mesin terpasang. Maka didapat SLOC untuk *main engine* sebesar 0.2 kg/jam dan *auxilliary engine* sebesar 0.7 kg/jam. Kebutuhan totalnya adalah sebagai berikut :

$$Kebutuhan \text{ Lub}_{me} = SLOC_{me} \times Seetime$$

$$= 1,2 \text{ kg/trip}$$

$$\text{Kebutuhan Lub}_{ae} = \text{SLOC}_{ae} \times \text{TRT}$$

$$= 0,26 \text{ kg/trip}$$

- Kebutuhan air tawar = $W_{fw} \times \text{jumlah crew} \times \text{RTD}$

Dalam *Parametric design* (Parsons, 2001) diberikan asumsi penggunaan air bersih (W_{fw}) sebesar 0,17 ton/orang/hari untuk kapal-kapal pelayaran jauh. Besarnya koefisien konsumsi air bersih dikoreksi menjadi 0,1 ton/orang/hari karena perbedaan karakter *crew* Indonesia. Jumlah crew kapal ditentukan sebanyak 14 orang sehingga total kebutuhan air tawar menjadi :

$$\text{Kebutuhan air tawar} = 0,1 \text{ ton/orang/hari} \times 14 \times 1.96 \text{ hari}$$

$$= 1,7 \text{ ton/trip}$$

- Kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin = $W_{pm} \times \text{Daya} \times \text{Seatime}$

Koefisien kebutuhan air tawar pendingin mesin diasumsikan sebesar 2 kg/HP, daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kapal adalah 716.45 HP. Hasil perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Air Tawar pendingin mesin} = 2 \text{ kg/HP/jam} \times 1369 \text{ HP} \times 1.96 \text{ hari}$$

$$= 16 \text{ ton/trip}$$

g) *Complement (Provision and Store)*

Perhitungan *provision and store* dibagi menjadi 2 bagian yaitu perhitungan berat perbekalan dan perhitungan berat bawaan *crew*.

- Perbekalan = Koefisien perbekalan \times jumlah crew \times TRT

Koefisien perbekalan dari *Parametric design* (Parsons, 2001) ialah 10 kg/orang/hari. Maka perhitungannya adalah :

$$\text{Perbekalan} = 10 \text{ kg/orang/hari} \times 15 \text{ orang} \times 1.96 \text{ hari}$$

$$= 0,17 \text{ ton/trip}$$

- $Crew \text{ dan bawaan} = \text{Koefisien crew dan bawaan} \times \text{Jumlah crew}$

Koefisien crew dan bawaan ($C_{c\&e}$) adalah 0,17 ton/orang (Parsons, 2001). Nilai ini dikoreksi menyesuaikan dengan karakter *crew* di Indonesia (ukuran tubuh yang lebih kecil) menjadi 0,1 ton/orang. Dengan jumlah crew 15 orang, maka berat total crew dan bawannya menjadi 1,4 ton.

h) Perhitungan DWT Total

Nilai DWT total dapat dihitung dengan menjumlahkan komponen penyusunnya dari poin *payload* (a), *consumable* (b), dan *complement* (c). Berdasarkan penjumlahan tersebut, nilai DWT adalah 1.399 Ton.

6) Perhitungan Berat dan *Displacement* kapal

Berat kapal dapat dihitung dengan menjumlahkan berat bagian komponen kapal yang bersifat tetap (LWT) dengan bagian komponen kapal yang bisa dipindahkan (DWT). Berdasarkan perhitungan sebelumnya diketahui bahwa nilai LWT adalah 796,17 Ton dan DWT adalah 1.399 Ton. Maka nilai berat total kapal adalah 2.195 ton.

Sedangkan *displacement* kapal adalah berat total air yang dipindahkan akibat badan tercelup kapal. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Displacement} &= L \times B \times T \times C_b \times \rho \text{ air laut} \\ &= 2.323 \text{ Ton} \end{aligned}$$

6.3.3 Kesesuaian Hukum Fisika

Hal pertama yang harus dipenuhi dalam perancangan sebuah kapal ialah ketersediaan daya apung kapal. Kemampuan daya apung dapat dilihat dari kesesuaian antara berat dengan *displacement* kapal. Dalam Proses optimasi ini besarnya selisih yang diijinkan ialah 2%-10%. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ selisih} &= \frac{\text{Displacement} - \text{Berat}}{\text{displacement}} \times 100\% \\ &= \frac{2323 - 2195}{2.142,6} \times 100\% \\ &= 6 \% \text{ (Kriteria memenuhi)} \end{aligned}$$

6.3.4 Kesesuaian *Freeboard*

Perhitungan *freeboard* dilakukan sesuai dengan teori yang telah dijelaskan pada subbab 2.97. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- f) Tipe kapal merupakan tipe B jenis *Landing Craft Tank* (LCT)
- g) *Freeboard* standar sesuai dengan tipe (B) dan panjang kapal (65 m) adalah 613 mm.
- h) Koreksi untuk panjang kapal dibawah 100 m (Fb_1) dan panjang efektif *superstructure* (E) $< 35\%L$. Perhitungannya sebagai berikut :
 - E = Panjang efektif *superstructure* = 7,52 m
 - $35\% L = 35\% \times 65 = 22,7$ m

Dari perhitungan dapat dilihat bahwa $E < 35\%L$, maka tidak ada koreksi.

- i) Koreksi untuk tinggi kapal dilakukan apabila tinggi kapal (D) lebih dari $L/15$. Nilai tinggi kapal adalah 5,50 m, sedangkan nilai $L/15$ adalah 5,5 m. Dari nilai tersebut terlihat bahwa nilai tinggi kapal lebih dari $L/15$. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi.
- j) Koreksi pengurangan karena panjang *superstructure* didapat dari tabel pengurangan *freeboard*. Persentase pengurangan dapat ditentukan dari persentase panjang *superstructure* terhadap panjang kapal. Dengan panjang efektif 7,52 m, maka persentase terhadap panjang kapal menjadi 0.1 L. Dari gambar 6.5 dapat dilihat persentase pengurangan *freeboard*nya adalah 7 % dari *freeboard* standar atau setara dengan -49,88 mm.

x . L	Total Panjang Efektif Superstructure										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Persentase Pengurangan	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

Gambar 6.5 Presentase Pengurangan *Freeboard*

Tabel 6.6 Rekapitulasi Koreksi Freeboard

Rekapitulasi			
1) Correction for ship under 100 m in length		0	mm
2) Block Coefficient Correction		0,000	mm
3) Depth Correction		49,88222	mm
4) Koreksi Bangunan atas		-43,82	mm
5) Koreksi Sheer		27,37297	mm
6) Correction of minimum bow height		0	mm
Total Freeboard		659,44	mm
Actual Freeboard (H-T)		1566,88	mm
Kondisi Freeboard		OK	

6.3.5 Kesesuaian Stabilitas

Dalam perhitungan stabilitas, diperlukan masukan data terkait dengan karakter kapalnya. Data tersebut antara lain :

Tabel 6.7 Input Perhitungan Stabilitas

Lwl =	223,5591	Feet	B =	52,33165	Feet	
T =	11,48294	Feet	Ld =	24,6578	Feet	; Panjang Bangunan Atas
Bw =	39,37008	Feet	d =	7,217848	Feet	; Tinggi bangunan atas
H-T	6,56168	Feet	Cb =	0,79		
Dm =	18,03535	Feet	Cw =	0,871686		Cb/(0.471+0.551Cb)
$\Delta 0$ =	2108,857	Long Ton	Cx (Cm)=	0,993039		1.006 - 0.0056Cb -3.56
Sf =	0	Feet	Sa =	0	Feet	

Tabel 6.8 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

	Item	Unit	Simbol	Min	Value
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0^0	m	MG ₀	0.15	2,26
	Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$	m	LS ₃₀	0.2	4,12
	Sudut kemiringan pada Ls maksimum	deg	LSmaks	25	43,39
	Lengan dinamis pada 30^0	m.rad	Ld ₃₀	0.055	0,54
	Lengan dinamis pada 40^0	m.rad	Ld ₄₀	0.09	0,86
	Luas Kurva GZ antara 30^0 - 40^0	m.rad		0.03	0,33

Data pada tabel 6.7 memperlihatkan bahwa jarak titik metasenter terhadap titik berat kapal pada sudut oleng 0^0 ialah 2,26 m, memenuhi syarat minimalnya

sebesar 0,15 m. Nilai lengan statis pada sudut oleng lebih dari 30° juga memenuhi syarat minimalnya sebesar 4,12 m. Kesesuaian syarat stabilitas juga diperlihatkan dengan nilai lengan dinamis pada sudut 30°, 40°, dan luas kurva diantaranya dengan nilai 0,60 m.rad, 0,98 m.rad, dan 0,33 m.rad.

6.3.6 Kesesuaian Trim

Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- c) Perhitungan trim membutuhkan nilai-nilai tertentu yang akan dimasukkan kedalam rumus perhitungannya. Nilai-nilai yang diperlukan adalah :

- $KB/T = 0,9 - 0,3C_m - 0,1C_b$

Dimana, $C_m = 0,993$

$C_b = 0,79$

$KB/T = 0,52$

- $KB = KB/T \times T$

$= 0,52 \times 3,51$

$= 1,64 \text{ m}$

- $C_1 = 0,1216C_w - 0,041$

Dimana, $C_w = 0,872$

$C_1 = 0,06$

- $I_T = C_1 \times L_{pp} \times B^3$

$I_T = 0,07 \times 64,92 \text{ m} \times (8,16 \text{ m})^3$

$I_T = 71185,76 \text{ m}^4$

- $BM_T = I_T/v$

Dimana, $v = L \times B \times T \times C_b$

$V = 3285 \text{ m}^3$

$BM_T = 19824 \text{ m}^4 / 1688 \text{ m}^3$

$BM_T = 5,69 \text{ m}$

- $C_{IL} = 0,35C_w^2 - 0,405C_w + 0,146$

$C_{IL} = 0,06$

- $I_L = C_{IL} \times B \times L_{pp}^3$

$I_L = 0,07 \times 8,16 \text{ m} \times (63 \text{ m})^3$

$I_L = 227630,76 \text{ m}^4$

- $$BM_L = I_L / V$$

$$BM_L = 398910,59 \text{ m}^4 / 2142,60 \text{ m}^3$$

$$BM_L = 108,90 \text{ m}$$
- $$GM_L = B_{ML} + KB - KG$$

Dimana, $KG = 3,03 \text{ m}$

$$GM_L = 107,01 \text{ m}$$

d) Berdasarkan nilai pada perhitungan poin (a), kalkulasi kondisi trim kapal dapat dilakukan dengan batasan bahwa trim kapal yang terjadi harus trim buritan. Selain itu, persentase nilai trim terhadap panjang kapal harus kurang dari 1 (satu) persen. Trim buritan terjadi apabila besarnya trim bernilai positif. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- $$\text{Trim} = T_a - T_f$$

$$= (LCG - LCB) \times L / GM_L$$

Dimana, $LCG = 23,97 \text{ m dari FP}$

$LCB = 41,87 \text{ dari FP}$

$$\text{Trim} = ((23,97 - 41,87) \times 65 \text{ m}) / 65 \text{ m}$$

$$= 0,53 \text{ (Trim buritan)}$$
- $$\% \text{ Selisih} = [(T_a - T_f) / L] \times 100\%$$

$$= [0,53 / 65] \times 100\%$$

$$= 0,81 \% \text{ (kurang dari 1\%, memenuhi syarat trim)}$$

Tabel 6.9 Rekapitulasi Batasan Kapal 1 Periode (5 Hari)

Constraint	Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
	Froude Number	$Fn = V/(g \cdot L_{pp})^{0.5}$				0,20	0,32	Accepted
	Stabilitas	MG pada sudut oleng 0^0	m	MG_0	0,15	2,26		Accepted
		Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$	m	LS_{30}	0,2	4,12		Accepted
		Sudut kemiringan pada LS maksimum	deg	LS_{maks}	25	43,39		Accepted
		Lengan dinamis pada 30^0	m.rad	Ld_{30}	0,055	0,54		Accepted
		Lengan dinamis pada 40^0	m.rad	Ld_{40}	0,09	0,86		Accepted
		Luas Kurva GZ antara $30^0 - 40^0$	m.rad		0,03	0,33		Accepted
	Freeboard	F_s	m	F	484,96	659		Accepted
	Displacement	Koreksi displacement	%		2,00%	6,00%	10,00%	Accepted
	Trim	Selisih Trim	%		0%	0,536973761%	1,00%	Accepted
		Kondisi Trim				trim buritan		Accepted
	Kapasitas	Payload	%		100%	100,00%	110%	Accepted
	Operasi	TRT Maks	Jam		0	154,88	168,00	Accepted
	Rasio			L/B	3,47	4,60	7,250	Accepted
				L/H	6,50	13,82	14,00	Accepted
				D/T	1,28	1,50	2,400	Accepted
				B/T	2,40	4,51	10,600	Accepted

6.4 Analisis Biaya Transportasi

Pada analisis ini, akan dibahas tentang biaya transportasi 2 buah variasi kapal untuk ditentukan kapal mana yang paling minimum *costnya* untuk kemudian dipilih sebagai kapal yang paling optimal. Tabel 6.9 menunjukkan rekapitulasi biaya – biaya kapal 1 Periode (7 Hari) tahun pertama, diperoleh unit cost sebesar Rp.174.918 per ton yang diperoleh dari hasil bagi antara biaya transportasi per trip dengan jumlah muatannya, nilai biaya per trip diperoleh dari biaya pertahun dibagi dengan jumlah trip senilai 52 kali, jumlah trip setahun adalah sebesar 53 kali namun menjadi 52 kali karena satu kali trip diasumsikan sebagai waktu kapal untuk reparasi . Unit cost diperoleh dari hasil bagi biaya transportasi per trip pada tabel 6.10 dibagi dengan jumlah muatan di tahun pertama sebesar 1.752 ton.

Tabel 6.10 Rekapitulasi Biaya – biaya Kapal 1 Periode (7 Hari)

		Item	Unit	Value
Shipping Cost	Investment	Hull	Rupiah	Rp 9.185.871.274
		Machinery (ME,AE)	Rupiah	Rp 21.215.626.081
		Hull Outfitting	Rupiah	Rp 38.576.197.276
		Non weight cost	Rupiah	Rp 6.897.769.463
		Capital Cost Total	Rupiah	Rp 75.875.464.094
	Operating Cost	Gaji crew + Insentif	Rupiah/tahun	Rp 994.200.000
		Reparasi dan perawatan	Rupiah/tahun	Rp 3.793.773.205
		Store and Lubricants	Rupiah/tahun	Rp 358.941.152
		Insurance	Rupiah/tahun	Rp 872.567.837
		Operational Cost Total	Rupiah/tahun	Rp 6.019.482.194
	Voyage Cost	Biaya MFO	Rupiah/tahun Pertama	Rp 1.325.895.576
		Biaya MDO	Rupiah/tahun Pertama	Rp 1.973.353.633
		Biaya Pelabuhan	Rupiah/tahun Pertama	
		Voyage Cost Total	Rupiah/tahun Pertama	Rp 3.299.249.209
	Cargo Handling Cost		Rupiah/tahun Pertama	
Loan	Loan Repayment	Ship	Rupiah/tahun	Rp 6.982.943.686
Unit Cost		Total Biaya	Rupiah/tahun pertama	Rp 16.301.675.089
		Supply	Ton	91.119
		Unit Cost Tahun Pertama	Rp/Ton	Rp 174.918
		Unit Cost Tahun Pertama	Rp/Ton/Nm	Rp 501

Tabel 6.11 Biaya Transportasi per Trip Kapal 1 Periode (7 Hari)

Item		Cost
Capital Cost	Angsuran per Trip	Rp 131.753.654
Operational Cost	Store Cost	Rp 6.902.714
	Maintenance & Repair Cost	Rp 72.957.177
	Insurance Cost	Rp 16.780.151
	Manning Cost	Rp 19.119.231
	Total	Rp 247.512.927
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MFO	Rp 24.864.399
	MDO 2015	Rp 37.949.108
	Total	Rp 62.813.507
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI		Rp 310.326.435

Tabel 6.12 Rekapitulasi Biaya - biaya Kapal 1 Periode (5 Hari)

		Item	Unit	Value
Shipping Cost	Investment	Hull	Rupiah	Rp 6.367.077.024
		Machinery (ME,AE)	Rupiah	Rp 12.299.417.447
		Hull Outfitting	Rupiah	Rp 34.730.396.451
		Non weight cost	Rupiah	Rp 5.339.689.092
		Capital Cost Total	Rupiah	Rp 58.736.580.014
	Operating Cost	Gaji crew + Insentif	Rupiah/tahun	Rp 923.640.000
		Reparasi dan perawatan	Rupiah/tahun	Rp 2.890.260.944
		Store and Lubricants	Rupiah/tahun	Rp 664.760.017
		Insurance	Rupiah/tahun	Rp 872.567.837
		Operational Cost Total	Rupiah/tahun	Rp 5.351.228.798
	Voyage Cost	Biaya MFO	Rupiah/tahun Pertama	Rp 731.975.190
		Biaya MDO	Rupiah/tahun Pertama	Rp 1.122.804.039
		Biaya Pelabuhan	Rupiah/tahun Pertama	
		Voyage Cost Total	Rupiah/tahun Pertama	Rp 1.854.779.229
	Cargo Handling Cost		Rupiah/tahun Pertama	
Loan	Loan Repayment	Ship	Rupiah/tahun	Rp 5.405.624.011
Unit Cost	Unit Cost	Total Biaya	Rupiah/tahun pertama	Rp 12.611.632.038
		Supply	Ton	99.530
		Unit Cost Tahun Pertama	Rp/Ton	Rp 132.880
		Unit Cost Tahun Pertama	Rp/Ton/Nm	Rp 380

Tabel 6.13 Biaya Transportasi per Trip Kapal 1 Periode (5 Hari)

Item	Cost
Capital Cost	Angsuran per Trip Rp 72.875.470
Operational Cost	Store Cost Rp 4.681.127
	Maintenance & Repair Cost Rp 40.789.292
	Insurance Cost Rp 9.381.537
	Manning Cost Rp 12.828.333
	Total Rp 140.555.759
Voyage Cost	Fuel Cost
	MFO Rp 10.166.322
	MDO 2015 Rp 16.537.534
	Total Rp 26.703.856
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI Rp 167.259.616	

Jumlah trip setahun periode ini adalah sebesar 73 kali, namun dikurangi satu kali diasumsikan dipakai sebagai waktu reparasi kapal. *Unit cost* yang diperoleh adalah Rp.132.880 hasil dari bagi total biaya transportasi dengan jumlah muatan tahun pertama yaitu sebesar 1.252 ton.

Kesimpulan yang didapat dari subbab 6.1, 6.2 dan 6.3 kapal yang memenuhi adalah 2 variasi kapal, yaitu 1 Periode (7 Hari) dan kapal 1 Periode (5 Hari), namun pada sisi ekonomi kapal 1 Periode (5 Hari) yang paling optimal sehingga yang digunakan dalam pelayaran adalah kapal ini. Berikut merupakan *General Arrangement* kapal ini:

6.4 Pola Operasi *Multiport Calling*

Pada subbab ini yang akan dianalisis adalah pola operasi pelayaran yaitu pola operasi *Multiport calling*. Berdasarkan subbab pembahasan subbab 6.1, 6.2, 6.3 dan 6.4 kapal yang terpilih adalah kapal 1 periode (5 Hari) dengan *payload* sebesar 1.363 ton. Ada tiga bagian yang akan dibandingkan terhadap dua pola operasi tersebut antara lain :

- Dimension of ship*, merupakan hasil optimasi dari desain konseptual kapal, yaitu L, B, H, dan T.
- Route*, rute perjalanan kapal pengangkut logistik bencana.
- Capital cost, Operational cost, Voyage cost*
- Time to service*, terdiri dari *port time*, *sea time*, dan *turn round time*.

A. *Dimension of Ship*

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada subbab 2.6, kapal akan mengunjungi setiap titik masing-masing satu kali. Pada konsep ini armada yang dibutuhkan hanya satu kapal berukuran besar karena kapal harus mampu mengangkut seluruh muatan yang ada di semua titik *demand*. *Payload* kapal ditentukan berdasarkan *demand* terbesar dari total *demand* seluruh titik tujuan. Untuk periode suplai ditentukan setiap 5 hari sekali dikarenakan untuk menjamin ketersediaan kebutuhan korban bencana. Berdasarkan perhitungan, *demand* terbesar terjadi pada tahun 2030 sebesar 272,6 ton per hari. Karena periode suplai ditentukan setiap 5 hari sekali, maka *payload* kapal yang dibutuhkan adalah sebesar 1.363 ton.

Tabel 6.14 Dimensi Kapal 1 Periode (5 Hari)

Kapal 1 Periode (5 Hari)		
Item	Nilai	Satuan
Payload	1363	Ton
L	63	Meter
B	14	Meter
H	4,7	Meter
T	3,1	Meter

Dapat dilihat pada tabel 6.14 dimensi kapal, *payload* kapal adalah sebesar 1.363 ton, panjang 63 meter, lebar 14 meter, tinggi 4,7 meter serta sarat 3,1 meter.

B. Rute

Rute untuk pola operasi ini telah menggunakan metode TSP seperti yang telah dijelaskan pada subbab 5.1. Rute yang akan di tempuh oleh kapal sejauh 349,4 Nm dengan rute Sibolga→Nias Selatan→Pulau Tanahmasa→Pulau Tello→Pulau Pini→Pulau Tanah Bala→Sibolga.

C. Total Cost

Komponen biaya total pada pelayaran kapal adalah *capital cost*, *operational cost* dan *voyage cost*. Komponen tersebut akan menghasilkan biaya transportasi yang akan disajikan pada tabel 6.15 sebagai berikut.

Tabel 6.15 Total Cost Multiport Calling Tahun Pertama

Item		Cost
Capital Cost		Rp 58.736.580.014
Operational Cost	Manning Cost	Rp 923.640.000
	Store Cost	Rp 337.041.152
	Maintenance & Repair Cost	Rp 2.936.829.001
	Insurance Cost	Rp 675.470.670
	Total	Rp 4.872.980.823
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MFO	Rp 731.975.190
	MDO 2015	Rp 1.122.804.039
	Total	Rp 1.854.779.229
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI		Rp 65.464.340.066

Capital cost tersebut merupakan harga dari kapal itu sendiri dengan biaya pinjaman dan biaya operasional adalah tetap untuk satu tahunnya.

D. Time to Service

Round trip days (RTD) adalah jumlah waktu yang dibutuhkan kapal untuk melakukan perjalanan (*sea time*), melakukan kegiatan bongkar muat (*port time*) dan mengisi bahan bakar serta kebutuhan kapal lainnya (*bunkering*). Perhitungan RTD dari tahun 2015 hingga tahun 2030 akan disajikan pada tabel 6.15. RTD kapal harus kurang dari 120 jam karena frekuensi suplai bahan pokok adalah 5 hari. Pada tabel 6.15 dapat dilihat bahwa hingga tahun 2030 frekuensi suplai untuk tujuh hari sekali masih memenuhi batas maksimal RTD.

Tabel 6.16 RTD Untuk Pola Operasi *Multiport Calling*

Tahun	Demand (Ton)	Sea Time (Hour)	PT Origin (Hour)	PT Destination	Total Time (Hour)	RTD <=120 Jam
2015	1252	29,1	21,4566	50,0653	101	OK
2016	1259	29,1	21,5880	50,3719	101	OK
2017	1267	29,1	21,7171	50,6733	102	OK
2018	1274	29,1	21,8407	50,9615	102	OK
2019	1282	29,1	21,9714	51,2666	102	OK
2020	1289	29,1	22,0972	51,5600	103	OK
2021	1296	29,1	22,2246	51,8574	103	OK
2022	1304	29,1	22,3530	52,1569	104	OK
2023	1311	29,1	22,4795	52,4522	104	OK
2024	1319	29,1	22,6074	52,7507	104	OK
2025	1326	29,1	22,7351	53,0486	105	OK
2026	1334	29,1	22,8624	53,3456	105	OK
2027	1341	29,1	22,9902	53,6439	106	OK
2028	1349	29,1	23,1177	53,9414	106	OK
2029	1356	29,1	23,2454	54,2392	107	OK
2030	1363	29,1	23,3730	54,5371	107	OK

Pada tabel 6.16 dapat diketahui bahwa dari tahun 2015 hingga 2030 RTD kapal memenuhi objektif yang telah ditentukan, nilai RTD membesar disebabkan oleh demand total naik secara konstan sedangkan nilai *sea time* tetap karena rute operasi tidak berubah dengan asumsi kecepatan kapal tidak berkurang selama 15 tahun.

6.4.1 Skenario Pola Operasi *Stand By*

Analisis berikutnya adalah skenario penanganan bencana dengan metode *stand by*, karena sifat bencana yang tidak bisa diramalkan dan *random* maka diantisipasi dengan kapal akan *stand by* di titik *homebase* yaitu Pelabuhan Sibolga, namun kapal ini juga akan beroperasi secara komersil untuk memenuhi titik *demand* yang kemudian diselang – selang antara *stand by* dan komersil. Berikut merupakan muatan yang diangkut kapal ke masing – masing titik beserta tarif dan pendapatan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 6.17

Tabel 6.17 Revenue kapal Dengan Muatan Truk Golongan VI B

Jenis Muatan	Golongan	Jumlah (Unit)	Tujuan	Jarak (Nm)	Tarif (Rp)
Truk Besar	Gol VI B	10	Nias Selatan	92	79.181.333
Truk Besar	Gol VI B	6	Tanahmasa	108	55.771.200
Truk Besar	Gol VI B	2	P. Tello	111	19.106.800
Truk Besar	Gol VI B	3	P.Pini	98	25.303.600
Truk Besar	Gol VI B	3	P. Tanah Bala	143	36.922.600
Total		24			
Total Pendapatan					216.285.533

Pada tabel 6.17 pendapatan total adalah Rp. 216.285.533, tarif penyeberangan untuk truk golongan VI B adalah sebesar Rp. 86.066 per *nautical mile* yang kemudian dikalikan dengan jarak dari Sibolga ke masing – masing titik. *Load Factor* diasumsikan sebesar 100%. Biaya *stand by* kapal dapat dilihat pada tabel 6.16 sebagai berikut :

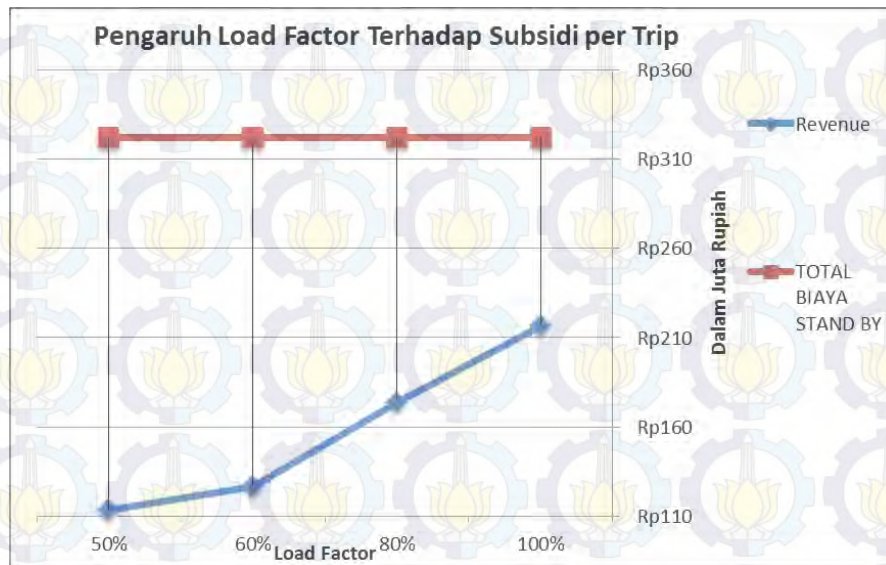
Tabel 6.18 Biaya Stand By Kapal

Item	Cost	
Capital Cost	Angsuran per Trip	Rp 72.875.470
Operational Cost	Store Cost	Rp 4.681.127
	Maintenance & Repair Cost	Rp 40.789.292
	Insurance Cost	Rp 9.381.537
	Manning Cost	Rp 12.828.333
	Total	Rp 140.555.759
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MDO	Rp 15.594.501
TOTAL BIAYA STAND BY		Rp 156.150.260

Pada tabel 6.19 dan grafik 6.6 adalah analisis sensitivitas *load factor* terhadap nilai subsidi yang akan diberikan pemerintah, karena jika tidak diberlakukan subsidi maka perusahaan pelayaran tidak akan mampu menutupi biaya transportasi sehingga tidak dapat melanjutkan operasinya.

Tabel 6.19 Nilai Subsidi yang Diterima Sesuai Load Factor

Load Factor	Revenue	Biaya Transportasi	Subsidi
100%	Rp 249.560.231	Rp 322.466.842	Rp (72.906.611)
80%	Rp 200.105.000	Rp 322.466.842	Rp (122.361.842)
60%	Rp 145.883.000	Rp 322.466.842	Rp (176.583.842)
50%	Rp 130.490.308	Rp 322.466.842	Rp (191.976.534)



Gambar 6.6 Load Factor Terhadap Subsidi

Pada tabel 6.19 biaya total diperoleh dari jumlah biaya stand by dan biaya transportasi yaitu sebesar Rp. 322.466.842 dengan nilainya adalah tetap, sedangkan *load factor* mempengaruhi pendapatan, semakin besar *load factornya*, semakin besar pendapatannya, begitu juga sebaliknya. Meskipun *load factor* sebesar 100% ternyata kapal tidak mampu menutupi biaya totalnya, sehingga diperlukan subsidi senilai Rp. 72.906.611 dan pada saat *load factor* paling kecil nilai subsidi sebesar Rp. 191.976.534, perhitungan diatas merupakan perhitungan per trip kapal.

6.4.2 Skenario *Immediate Respond per Supply Point*

Sifat bencana yang *unpredictable* dan *random*, mengharuskan kapal harus cepat dan tanggap jika bencana itu terjadi, dalam skenario ini kapal beroperasi komersil secara normal untuk memenuhi masing – masing titik *demand*, namun bencana bisa terjadi kapan saja sehingga diasumsikan bencana terjadi saat kapal mencapai titik – titik suplai yang berjumlah lima buah, sehingga pada pembahasan ini ada lima buah titik yang akan menjadi skenario terjadinya bencana.

1. Nias Selatan

Kapal pada awalnya akan berlayar menuju Nias Selatan terlebih dahulu sesuai rute optimal berdasarkan pembahasan subbab 5.1, Nias Selatan mempunyai *demand* 10 unit kendaraan, namun sebelum melakukan proses bongkar diasumsikan terjadi bencana sehingga kapal tidak jadi membongkar muatannya

sehingga kapal harus kembali ke *homebase* untuk memuat muatan logistik bencana serta membongkar muatan kendaraan sebanyak 24 unit sebelumnya, berikut tabel perhitungan RTDnya.

Tabel 6.20 RTD Titik Bencana Nias Selatan

Rute	Jarak (Nm)	Seatime (Jam)	Demand		Pelabuhan Asal		Pelabuhan Tujuan		Total Time (Jam)
			Unit	Ton	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7	10		2				9,7
Nias Selatan - Sibolga	92	7,7							7,7
Sibolga - Nias Selatan	92	7,7		815	21	2		33	63,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	4	3,8		206				8	12,0
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3		41				2	2,0
P. Tello - P. Pini	46	1,6		64				3	4,1
P. Pini - P. Tanah Bala	143	3,8		126				5	8,9
P. Tanah Bala - Sibolga	92	11,9							108,1

Rute awal berubah menjadi Sibolga→Nias Selatan→Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→P. Pini→P. Tanah Bala→P. Sibolga dengan waktu total sebesar 108,1 jam.

2. Pulau Tanahmasa

Kapal berlayar sesuai rute optimal, kapal sebelumnya sempat untuk membongkar muatan kendaraan di Nias Selatan yang berjumlah 10 unit, namun ketika menuju P. Tanahmasa terjadi bencana, maka kapal harus kembali ke *homebase* untuk memuat muatan logistik bencana dan membongkar muatan kendaraan sebanyak 14 unit. Berikut perhitungan RTDnya.

Tabel 6.21 RTD Titik Bencana P. Tanahmasa

Rute	Jarak (Nm)	Seatime (Jam)	Demand		Pelabuhan Asal		Pelabuhan Tujuan		Total Time (Jam)
			Unit	Ton	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7	10		2			1	10,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	45	3,8	6						3,8
P. Tanahmasa - Sibolga	108	9,0							9,0
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7		815	21	1		33	62,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	4	3,8		206				8	12,0
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3		41				2	2,0
P. Tello - P. Pini	46	1,6		64				3	4,1
P. Pini - P. Tanah Bala	143	3,8		126				5	8,9
P. Tanah Bala - Sibolga	92	11,9							113,2

Rute Awal berubah menjadi Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→P. Pini→P. Tanah Bala→Sibolga dengan waktu total sebesar 113,2 jam.

3. Pulau Tello

Kapal berlayar sesuai rute optimal, kapal sebelumnya sempat untuk membongkar muatan kendaraan di Nias Selatan yang berjumlah 10 unit, kemudian menuju P.

Tanahmasa membongkar muatan berjumlah enam unit, ketika menuju Pulau Tello terjadi bencana, maka kapal harus kembali ke *homebase* untuk memuat muatan logistik bencana dan membongkar muatan kendaraan sebanyak delapan unit. Berikut perhitungan RTDnya.

Tabel 6.22 RTD Titik Bencana Pulau Tello

Rute	Jarak (Nm)	Seatime (Hour)	Demand		Pelabuhan Asal		Pelabuhan Tujuan		Total Time (Hour)
			Unit	Ton	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7	10		2				9,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	45	3,8	6					1	4,8
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3	2						0,3
P. Tello - Sibolga	111	9,3							9,3
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7		815	21	1		33	62,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	4	3,8		206				8	12,0
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3		41				2	2,0
P. Tello - P. Pini	46	1,6		64				3	4,1
P. Pini - P. Tanah Bala	143	3,8		126				5	8,9
P. Tanah Bala - Sibolga	92	11,9							113,8

Rute Awal berubah menjadi Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→Sibolga→Nias Selatan→P.Tanahmasa→P. Tello→P. Tanah Pini→P. Tanah Bala→Sibolga dengan waktu total sebesar 113,8 jam.

4. Pulau Pini

Kapal berlayar sesuai rute optimal, kapal sebelumnya sempat untuk membongkar muatan kendaraan di Nias Selatan yang berjumlah 10 unit, kemudian menuju P. Tanahmasa membongkar muatan berjumlah enam unit, menuju Pulau Tello dengan membongkar kendaraan sebanyak dua unit, ketika menuju Pulau Pini terjadi bencana, maka kapal harus kembali ke *homebase* untuk memuat muatan logistik bencana dan membongkar muatan kendaraan sebanyak enam unit. Berikut perhitungan RTDnya.

Tabel 6.23 RTD Titik Bencana Pulau Pini

Rute	Jarak (Nm)	Seatime (Hour)	Demand		Pelabuhan Asal		Pelabuhan Tujuan		Total Time (Hour)
			Unit	Ton	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7	10		2			1	10,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	45	3,8	6					1	4,8
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3	2						0,3
P. Tello - P. Pini	19	1,6	3						1,6
P. Pini - Sibolga	98	8,2							8,2
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7		815	21	1		33	62,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	45	3,8		206				8	12,0
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3		41				2	2,0
P. Tello - P. Pini	46	1,6		64				3	4,1
P. Pini - P. Tanah Bala	143	3,8		126				5	8,9
P. Tanah Bala - Sibolga	92	11,9							115,3

Rute Awal berubah menjadi Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→P. Pini→Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→P. Pini→P. Tanah Bala→Sibolga dengan waktu total sebesar 115,3 jam.

5. Pulau Tanah Bala

Titik ini merupakan titik ekstrim dikarenakan jaraknya yang paling jauh yaitu sebesar 143 *nautical mile* dari *homebase*. Kapal berlayar sesuai rute optimal, kapal sebelumnya sempat untuk membongkar muatan kendaraan di Nias Selatan yang berjumlah 10 unit, kemudian menuju P. Tanahmasa membongkar muatan berjumlah enam unit, menuju Pulau Tello dengan membongkar kendaraan sebanyak dua unit, menuju Pulau Pini dengan membongkar kendaraan sebanyak tiga unit, ketika menuju Pulau Tanah Bala terjadi bencana, maka kapal harus kembali ke *homebase* untuk memuat muatan logistik bencana dan membongkar muatan kendaraan sebanyak tiga unit. Berikut perhitungan RTDnya.

Tabel 6.24 RTD Titik Bencana Pulau Tanah Bala

Rute	Jarak (Nm)	Seatime (Hour)	Demand		Pelabuhan Asal		Pelabuhan Tujuan		Total Time (Hour)
			Unit	Ton	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	Muat (Jam)	Bongkar (Jam)	
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7	10		2			1	10,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	45	3,8	6					1	4,8
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3	2					1	1,3
P. Tello - P. Pini	46	1,6	3					1	2,6
P. Pini - P. Tanah Bala	143	3,8	3						3,8
P. Tanah Bala - Sibolga	0	11,9							11,9
Sibolga - Nias Selatan	45	7,7		815	21	1		33	62,7
Nias Selatan - P. Tanahmasa	45	3,8		206				8	12,0
P. Tanahmasa - P. Tello	19	0,3		41				2	2,0
P. Tello - P. Pini	46	1,6		64				3	4,1
P. Pini - P. Tanah Bala	143	3,8		126				5,05	8,9
P. Tanah Bala - Sibolga	92	11,9							117,1

Rute Awal berubah menjadi Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→P. Pini→P. Tanah Bala→Sibolga→Nias Selatan→P. Tanahmasa→P. Tello→P. Pini→P. Tanah Bala→Sibolga dengan waktu total sebesar 117,1 jam.

Pada skenario ini diperoleh lima variasi biaya sesuai dengan titik bencananya, semakin dekat titik bencana terhadap *homebase* maka semakin kecil pula nilainya begitu pula sebaliknya, berikut disajikan biaya transportasi menurut titik bencananya pada tabel 6.24.

Tabel 6.25 Transportation Cost per Titik Suplai

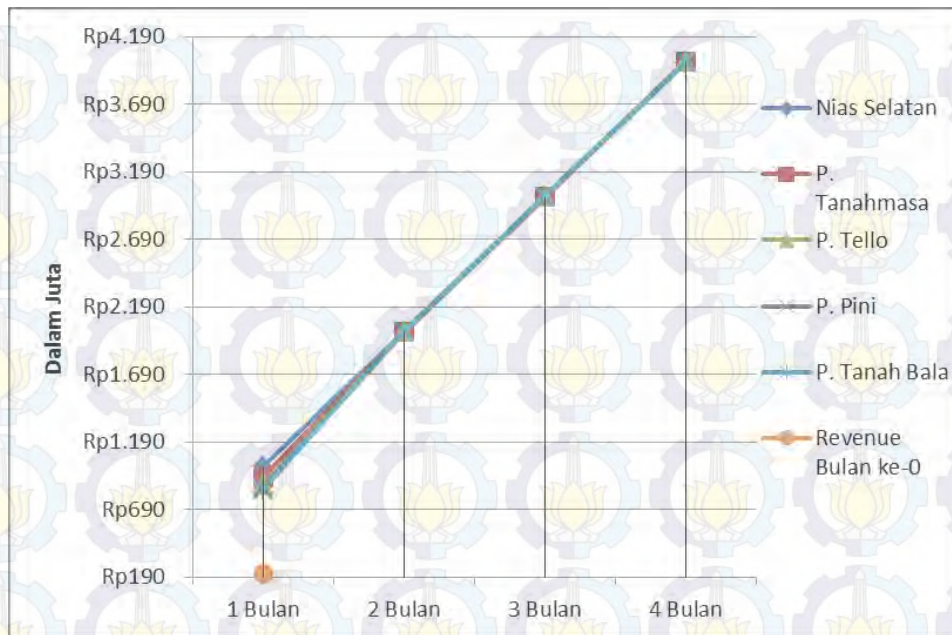
Transportation Cost per Titik Suplai					
Durasi penanganan Bencana	Nias Selatan	P. Tanahmasa	P. Tello	P. Pini	P. Tanah Bala
1 Bulan	Rp 1.005.971.982	Rp 1.007.573.842	Rp 1.008.120.804	Rp 1.007.369.427	Rp 1.011.324.525
2 Bulan	Rp 2.003.871.473	Rp 2.005.473.334	Rp 2.006.020.295	Rp 2.005.268.918	Rp 2.009.224.017
3 Bulan	Rp 3.001.770.964	Rp 3.003.372.825	Rp 3.003.919.786	Rp 3.003.168.409	Rp 3.007.123.508
4 Bulan	Rp 3.999.670.456	Rp 4.001.272.317	Rp 4.001.819.278	Rp 4.001.067.901	Rp 4.005.023.000

Durasi penanganan normalnya adalah dua bulan, namun diasumsikan hingga mencapai empat bulan, biaya terbesar diperoleh Pulau Tanah Bala karena merupakan titik terekstrim atau paling jauh dengan nilai Rp. 1.011.324.525 dan terkecil adalah Nias Selatan dengan nilai Rp. 1.05.971.982 karena paling dekat dengan *homebase*, nilai tersebut diperoleh dalam durasi penanganan bencana selama satu bulan atau enam kali trip.

Tabel 6.26 Transportation Cost per Setelah Dikurangi Revenue

Transportation Cost per Titik Suplai					
Durasi penanganan Bencana	Nias Selatan	P. Tanahmasa	P. Tello	P. Pini	P. Tanah Bala
1 Bulan	Rp 1.005.971.982	Rp 928.392.509	Rp 873.168.270	Rp 853.310.093	Rp 831.961.592
2 Bulan	Rp 2.003.871.473	Rp 2.005.473.334	Rp 2.006.020.295	Rp 2.005.268.918	Rp 2.009.224.017
3 Bulan	Rp 3.001.770.964	Rp 3.003.372.825	Rp 3.003.919.786	Rp 3.003.168.409	Rp 3.007.123.508
4 Bulan	Rp 3.999.670.456	Rp 4.001.272.317	Rp 4.001.819.278	Rp 4.001.067.901	Rp 4.005.023.000

Ternyata setelah dikurangi *revenue* hasil pengiriman kendaraan, Nias Selatan memperoleh biaya paling tinggi pada satu bulan durasi bencana, karena saat bencana titik ini, kapal tidak melakukan bongkar muatannya karena harus kembali ke *homebase*, sedangkan Pulau Tanah Bala diperoleh *revenue* sebesar Rp. 179.362.933 yang berasal dari bongkar muatan di Nias Selatan, Pulau Tanahmasa, Pulau Tello dan Pulau Pini sejumlah 21 unit kendaraan. Untuk bulan berikutnya sampai bulan keempat, tidak diperoleh pendapatan karena kapal melakukan tugasnya memenuhi kebutuhan logistik bencana.



Gambar 6.7 Grafik Biaya per Titik Suplai Sesuai Durasi Penanganan

Pada bulan ke-0 pada grafik 6.7, kapal memperoleh *revenue* sebesar Rp. 216.285.533 untuk sekali trip, namun setelah bencana maka yang timbul adalah *transportation cost* dimana semakin lama durasi penanganan bencana, maka nilai juga semakin tinggi. Garis – garis pada grafik tersebut menunjukkan subsidi yang harus diberikan kepada perusahaan pelayaran. Tabel 6.27 menunjukkan besaran subsidi per titik terjadinya bencana sesuai durasi penanganan bencana.

Tabel 6.27 Nilai Subsidi per Titik Terjadinya Bencana

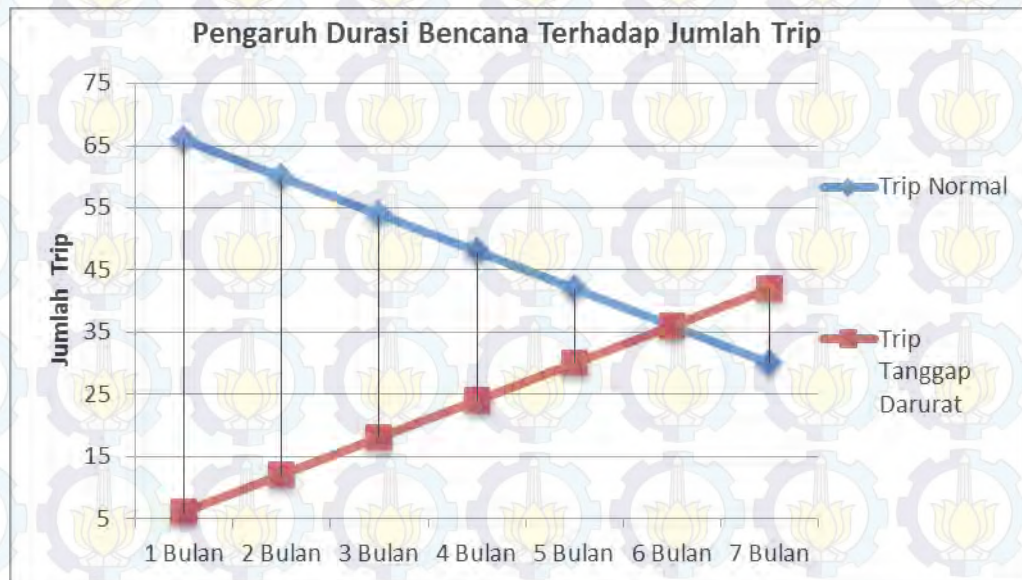
Durasi penanganan Bencana	Nilai Subsidi				
	Nias Selatan	P. Tanahmasa	P. Tello	P. Pini	P. Tanah Bala
1 Bulan	Rp 1.005.971.982	Rp 928.392.509	Rp 873.168.270	Rp 853.310.093	Rp 831.961.592
2 Bulan	Rp 2.003.871.473	Rp 2.005.473.334	Rp 2.006.020.295	Rp 2.005.268.918	Rp 2.009.224.017
3 Bulan	Rp 3.001.770.964	Rp 3.003.372.825	Rp 3.003.919.786	Rp 3.003.168.409	Rp 3.007.123.508
4 Bulan	Rp 3.999.670.456	Rp 4.001.272.317	Rp 4.001.819.278	Rp 4.001.067.901	Rp 4.005.023.000

Nilai subsidi diperoleh dari pengurangan pendapatan dengan biaya transportasi per titik terjadinya bencana, sehingga nilainya sama dengan tabel 6.27.

6.5 Analisa Pola Operasi Penanganan Bencana

Pola skenario *stand by* lebih bersifat *gambling* atau menebak – nebak dengan menentukan waktu berlayar dan *stand by* secara berselang – seling, kelemahannya adalah jika saat sedang berlayar dan terjadi bencana, maka kapal tidak akan siap menangani titik-titik suplai yang ditentukan namun dari segi pendapatan kapal memperolehnya saat fase

berlayar meskipun tetap memerlukan subsidi untuk setahunnya, sedangkan untuk skenario *immediate respond per supply point* pola operasi sudah direncanakan baik itu waktu tempuh dan biayanya, jika terjadi bencana maka kapal siap dan responsif menangani situasi tersebut, namun dari segi biaya sesuai fungsi durasi penanganan bencana, perlu sokongan subsidi untuk menutupi biaya – biayanya. Kedua skenario ini tidak bisa dibandingkan biayanya karena pada kondisi *stand by* dihitung per trip sedangkan *immediate respond per supply point* menggunakan durasi penanganan bencana dengan hitungan bulan, nilai subsidi skenario *stand by* adalah sebesar Rp. 72.906.611 per trip dengan *load factor* 100% dan nilai subsidi untuk skenario *immediate respond per supply point* adalah sebesar Rp. 1.005.971.982 durasi satu bulan penanganan bencana dengan *load factor* 100%.



Gambar 6.8 Grafik Pengaruh Durasi Bencana Terhadap Jumlah Trip

Pada grafik 6.8, jumlah trip normal atau komersil akan terus turun seiring dengan durasi penanganan bencana, normalnya penanganan bencana adalah selama dua bulan, namun pada analisis ini ingin diketahui pada bulan ke-berapa nilainya akan sama, diperoleh titik ekuilibriumnya pada bulan ke-enam.

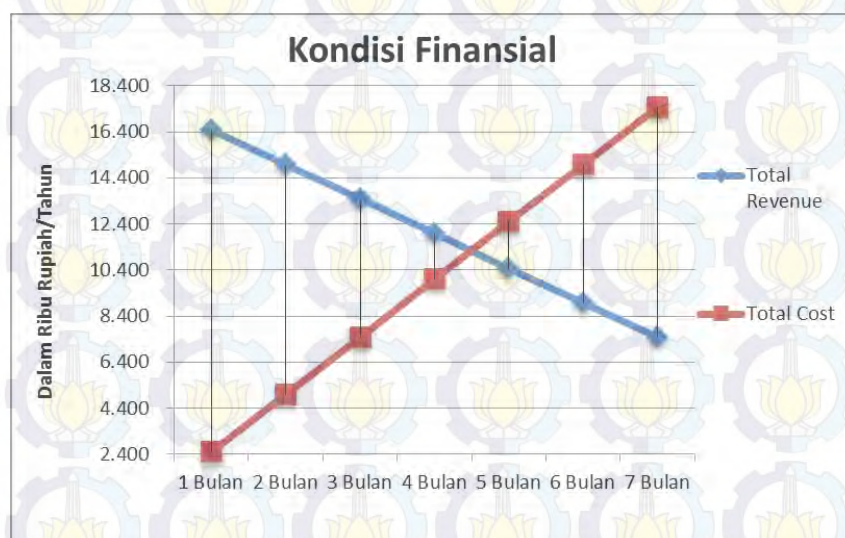
Pada gambar grafik 6.9 menjelaskan tentang nilai *opportunity lost* yang timbul seiring dengan lama penanganan bencana, semakin lama penanganan bencana maka *opportunity lost* akan semakin besar dikarenakan kapal tidak bisa berlayar mengantar kendaraan yang nantinya akan menghasilkan revenue, nilai terkecil adalah pada durasi

satu bulan yaitu sebesar Rp. 129.713.200 dan jika sampai pada bulan ke – 7 maka nilainya sebesar Rp. 9.083.992.400.



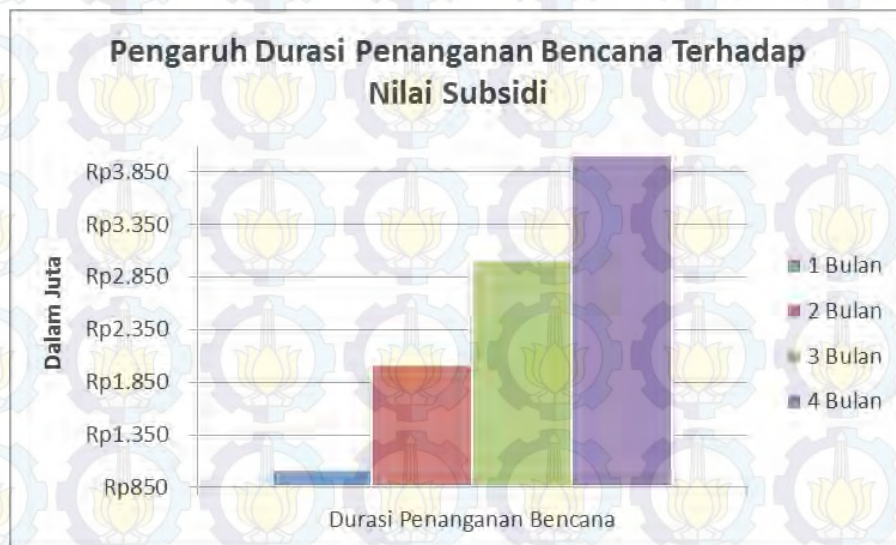
Gambar 6.9 Grafik *Opportunity Lost* Sesuai Durasi Bencana

Pada gambar grafik 6.10 menunjukkan kondisi finansial dari perusahaan pelayaran selama satu tahun, sesuai dengan grafik 6.8 semakin lama durasi penanganan bencana maka jumlah trip kapal untuk pelayaran komersil akan berkurang per tahunnya, begitu juga dengan pendapatan yang diperoleh juga semakin menurun.



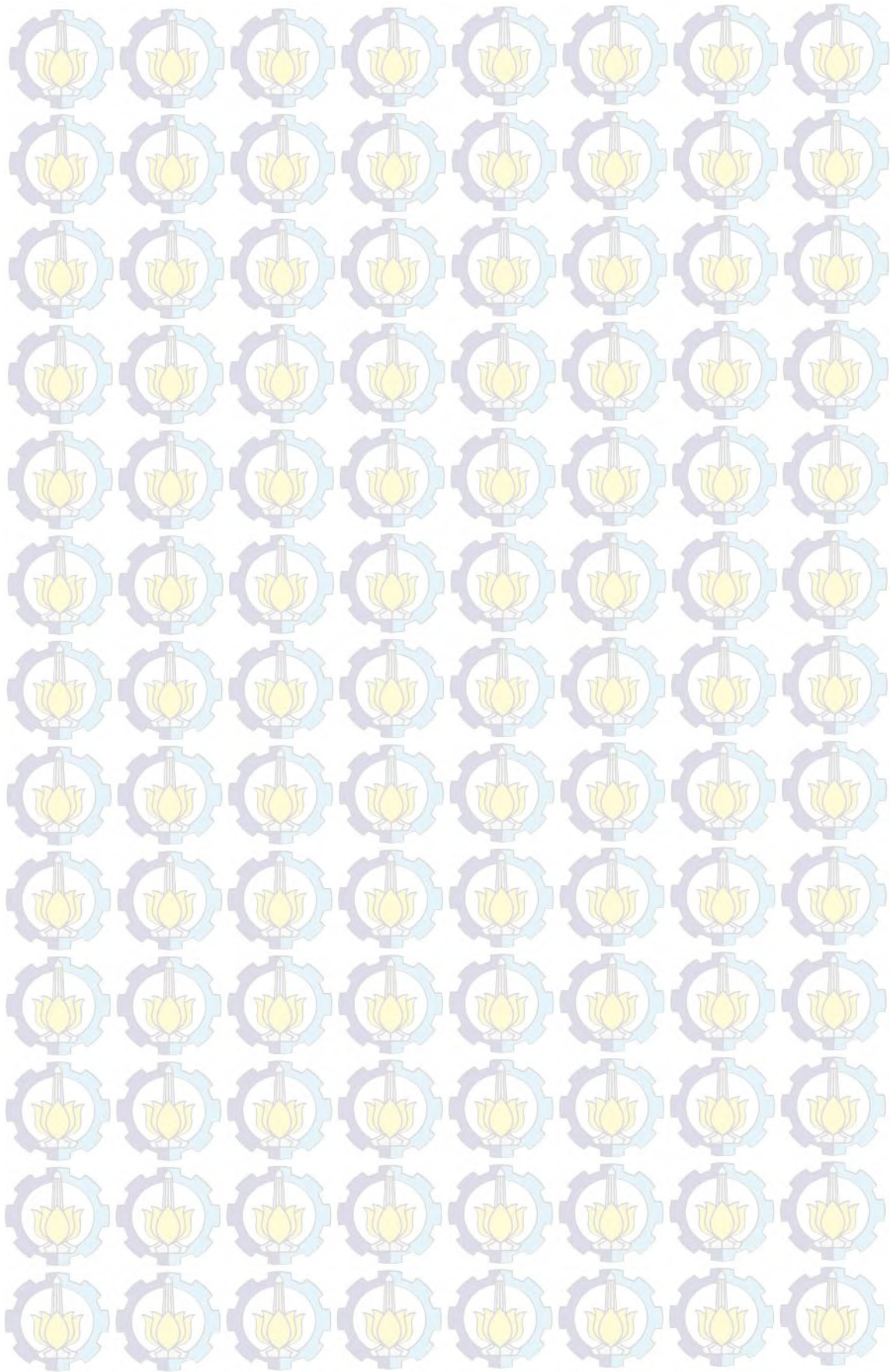
Gambar 6.10 Kondisi Finansial Perusahaan Pelayaran

Pada bulan ke – satu sampai dengan empat, perusahaan pelayaran tidak membutuhkan subsidi dari pemerintah, namun pada bulan ke – lima sampai ke - tujuh perlu diberikan subsidi berturut – turut sebesar Rp. 2.008.199.722, Rp. 6.000.821.982 dan Rp. 9.993.444.243 dalam satu tahunnya. Pada gambar 6.10 menunjukkan nilai subsidi yang diterima kapal sesuai durasi penanganan bencana skenario *immediate respond per supply point* dengan asumsi pelayaran komersil sekali trip saja baik itu durasi penanganan selama satu bulan hingga empat bulan.



Gambar 6.11 Nilai Subsidi *Immediate Respond per Supply Point*

Ssatu bulan durasi penanganan bencana diperoleh subsidi yang harus diberikan adalah sebesar Rp. 1.005.971.982 dan empat bulan durasi penanganan bencana sebesar Rp.4.005.023.000



Bab 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari analisis Tugas Akhir ini, ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, antara lain sebagai berikut :

1. Pola operasi yang dapat diterapkan untuk wilayah berbasis kepulauan adalah *multiport calling* dengan rute optimalnya yaitu : Sibolga→Nias Selatan→Pulau Tanahmasa→Pulau Tello→Pulau Pini→Pulau Tanah Bala→Sibolga dengan total waktu
2. *Time to service* dibagi menjadi tiga, yaitu :
 - 1 periode (7 Hari) sebesar 146 jam dengan batasan 168 jam (7 Hari), dengan *unit cost* sebesar Rp. 174.918 per ton
 - 1 periode (5 Hari) sebesar 102 jam dengan batasan 120 jam (5 Hari), dengan *unit cost* sebesar Rp. 133.633
 - 1 periode (3 Hari) sebesar 75 jam dengan batasan 72 jam (3 Hari)

Kapal terpilih yang paling optimal adalah kapal 1 periode (5 Hari).

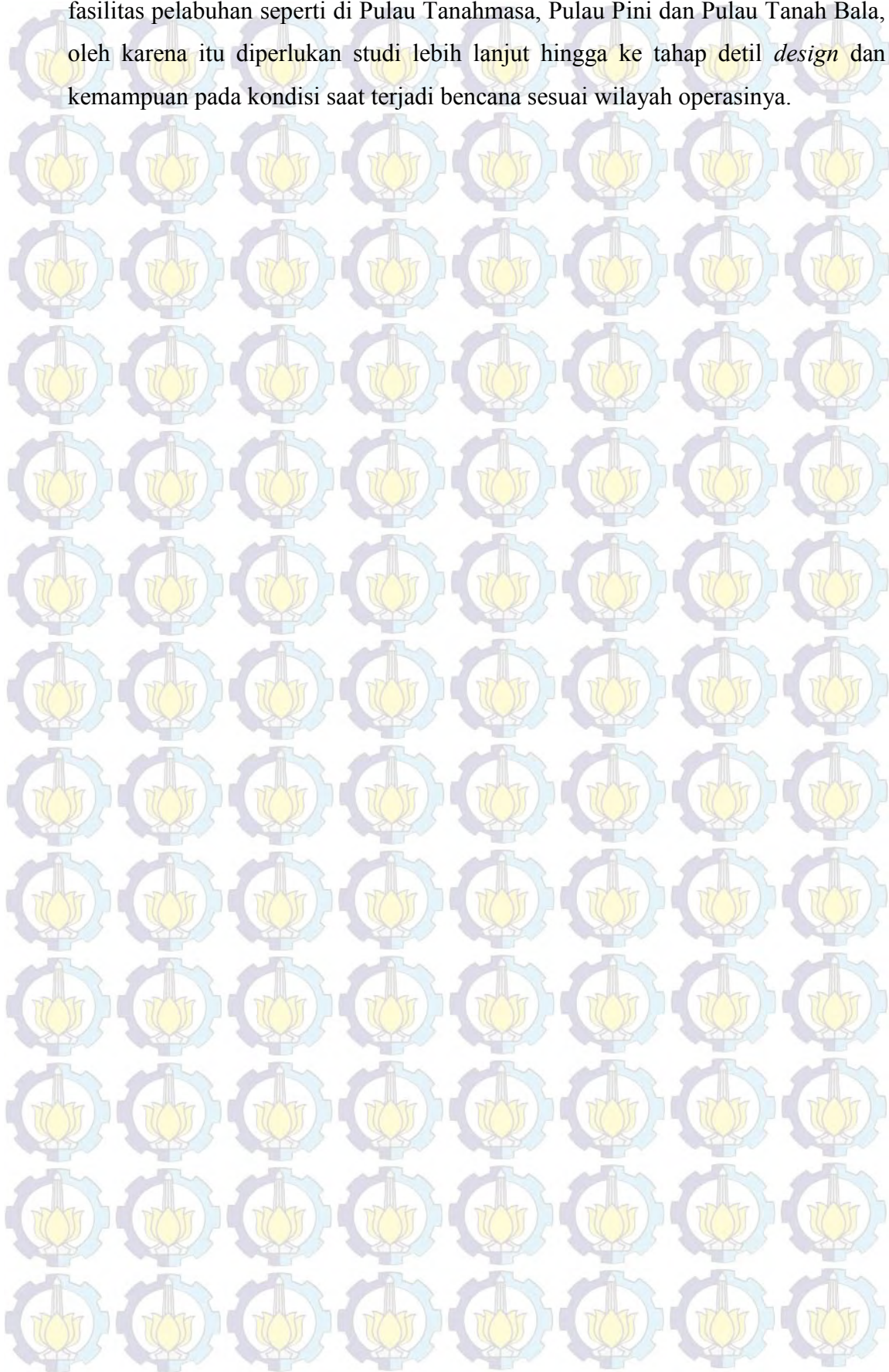
3. Spesifikasi teknis armada kapal memiliki panjang (L_{pp}) 64,92 meter, lebar 14,12 meter, tinggi 4,70 meter, sarat 3,13 meter dengan kecepatan 12 knot.
4. Ada dua skenario penanganan bencana berdasarkan pola operasi *multiport calling*, yaitu :
 - Skenario *stand by* Nilai subsidi per trip untuk skenario *stand by* adalah sebesar Rp. 72,9 juta dengan *load factor* 100%.
 - Skenario *immediate respond per supply point* nilai subsidinya adalah sebesar Rp. 1 miliar per satu bulan penanganan bencana dengan *load factor* 100%.

7.2 Saran

Dari penelitian Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Pada Tugas Akhir ini, proses perancangan desain konseptual kapal hanya sampai pada proses *preliminary design* yang diasumsikan dapat berlabuh di daerah tanpa

fasilitas pelabuhan seperti di Pulau Tanahmasa, Pulau Pini dan Pulau Tanah Bala, oleh karena itu diperlukan studi lebih lanjut hingga ke tahap detil *design* dan kemampuan pada kondisi saat terjadi bencana sesuai wilayah operasinya.



KESIMPULAN

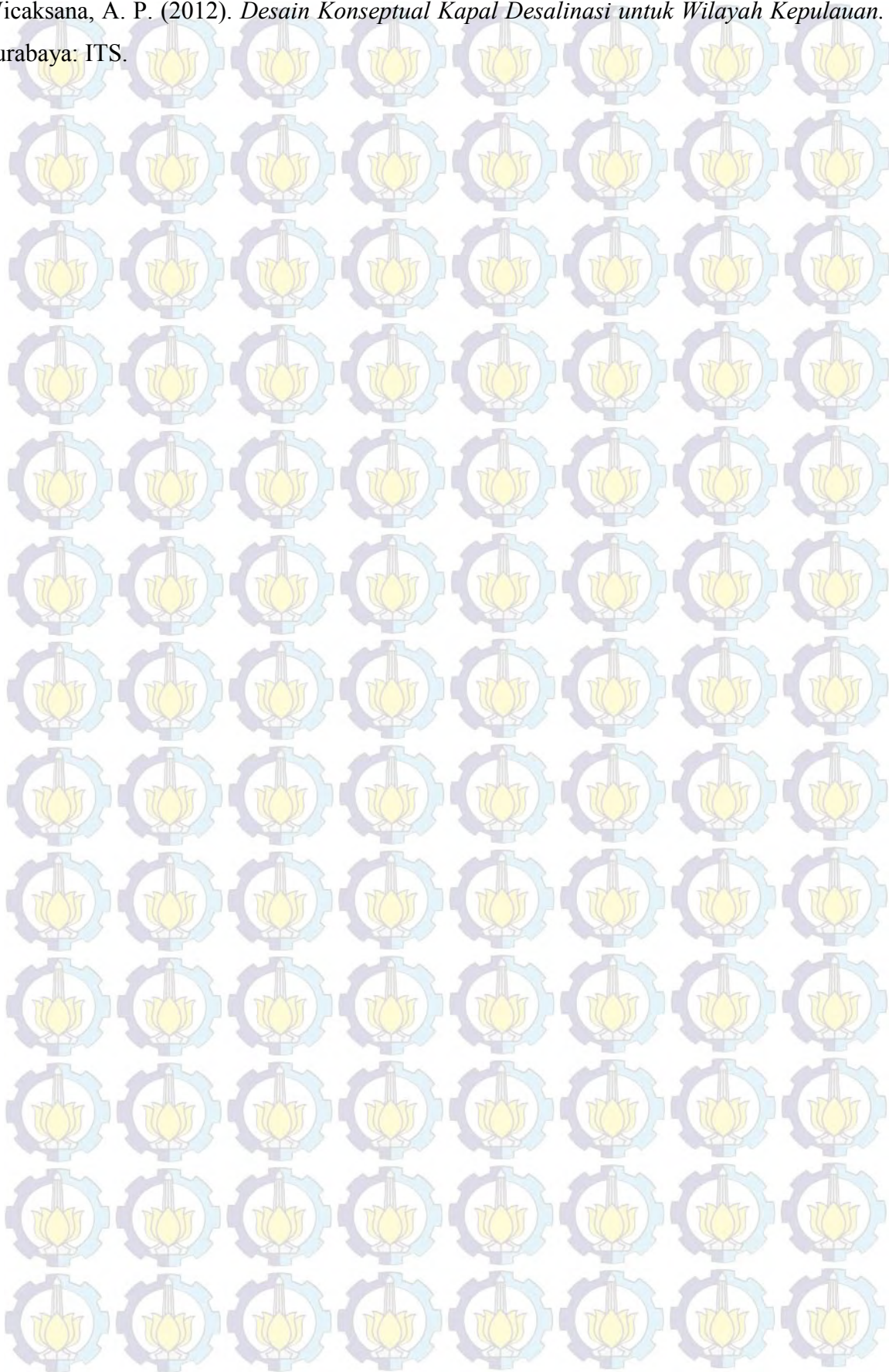
Dari analisis Tugas Akhir ini, ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, antara lain sebagai berikut :

1. Pola operasi yang dapat diterapkan untuk wilayah berbasis kepulauan adalah *multiport calling* dengan rute optimalnya yaitu : Sibolga→Nias Selatan→Pulau Tanahmasa→Pulau Tello→Pulau Pini→Pulau Tanah Bala→Sibolga dengan total waktu
2. *Time to service* dibagi menjadi tiga, yaitu :
 - 1 periode (7 Hari) sebesar 146 jam dengan batasan 168 jam (7 Hari), dengan *unit cost* sebesar Rp. 174.918 per ton
 - 1 periode (5 Hari) sebesar 102 jam dengan batasan 120 jam (5 Hari), dengan *unit cost* sebesar Rp. 133.633
 - 1 periode (3 Hari) sebesar 75 jam dengan batasan 72 jam (3 Hari)Kapal terpilih yang paling optimal adalah kapal 1 periode (5 Hari).
3. Spesifikasi teknis armada kapal memiliki panjang (*Lpp*) 64,92 meter, lebar 14,12 meter, tinggi 4,70 meter, sarat 3,13 meter dengan kecepatan 12 knot.
4. Ada dua skenario penanganan bencana berdasarkan pola operasi *multiport calling*, yaitu :
 - Skenario *stand by* Nilai subsidi per trip untuk skenario *stand by* adalah sebesar Rp. 72,9 juta dengan *load factor* 100%.
 - Skenario *immediate respond per supply point* nilai subsidinya adalah sebesar Rp. 1 miliar per satu bulan penanganan bencana dengan *load factor* 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Badan Pusat Statistik (BPS), Nias Selatan Dalam Angka 2015
- Bank Indonesia. (2015, 9 15). *Bank Indonesia*. Dipetik 9 15, 2015, dari www.bi.go.id: <http://www.bi.go.id/web/id/>
- Chaug-Ing Hsu, Y.-P. H. (2015). Direct versus hub-and-spoke routing on a maritime. 3.
- Dana, G. W. (2011). *Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Pola Pasokan Air Bersih untuk Wilayah Kepulauan*. Surabaya: ITS.
- Dharma, B. (2009). *Tugas Akhir : Perencanaan Self Popelled Coal Barge 5000 DWT Untuk Wilayah Sungai Kalimantan*. Surabaya: ITS.
- H Schneekluth, V. B. (1998). *Ship Design Efficiency and Economy, Second Edition*. Oxford: Butterworth Heinemann..
- IMO. (2002). *Code of Stability for All Type of Ship*. IMO.
- Jiang, C. (2015). A Reliable Solver of Euclidean Traveling Salesman Problems with Microsoft Excel Add-in Tools for Small-size System. *Journal of Software*, 761-768.
- Lewis, E. (1989). *Principle of Naval Architecture Volume II*. New Jersey: SNAME.
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Ship Design Chapter 11*. Michigan: Dept Of Naval Architecture and Marine Engineering, Univ. Of Michigan.
- Poehl, H. (1982). *Lecture on Ship Design and Ship Theory*. Hancouver: University of Hancouver.
- Pujawan, I. N. (2009). *Ekonomi Teknik* (2nd Edition ed.). Surabaya: Gunawidya.
- Rawson K.J, T. E. (2001). *Basic Ship Theory, Volume I*. Oxford: Longman.
- Stopford, M. (1997). *Maritime Economics* (2nd ed.). London: Routledge.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). Oxford, UK: Elsevier.

Wicaksana, A. P. (2012). *Desain Konseptual Kapal Desalinasi untuk Wilayah Kepulauan*. Surabaya: ITS.



Jenis Dan Spesifikasi Logistik Bencana

Logistik	Kemasan	Jumlah Konsumsi per orang (hari)	Berat (Kg)
Obat- obatan	Kaplet	1,000	0,025
Sandang :			
Pakaian Bersih	Box	1,000	0,100
Alat Kebersihan	Box	0,125	0,125
Selimut	Pcs	0,500	0,25
		Total (kg/hari)	0,500
		Total (ton/hari)	0,0005

Keterangan :

Logistik	Ukuran	Kemasan	Berat (kg)	Kapasitas (orang)
Medical Kit		Box	2	15
Selimut		Pcs	0,5	2
Pakaian Bersih		Pcs	0,1	1
Alat Kebersihan		Paket	0,5	4
Tenda Pleton		Palet	100	60
Obat - obatan		Kaplet	0,025	1

Sumber: BPBD Jawa Timur

Safety Stock 20%			
Bahan Pokok	Kemasan	Jumlah Konsumsi (kg)	Konsumsi per tahun (kg)
Beras	Karung	0,085	31,03
Gula Pasir	Karung	0,050	18,25
Susu	Box	0,034	12,50
Telur Ayam	Box	0,018	6,71
Bawang Merah	Karung	0,014	5,00
Bawang Putih	Karung	0,008	3,00
Cabai	Karung	0,010	3,50
		Total (kg/hari)	0,219
		Total (Ton/hari)	0,0002

3 Faktor Demografi

		Natalitas					Mortalitas							
Angka Kelahiran							Angka Kematian							
Tahun	Natalitas						Tahun	Angka Kematian Bayi (AKB)						
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total		Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total	
2011	1352	80	139	28	53	1652	2011	78	5	8	2	3	95	
2012	1553	92	161	32	61	1899	2012	89	5	9	2	4	109	
2013	1784	107	184	37	70	2182	2013	103	6	11	2	4	126	
2014	1453	86	150	30	57	1776	2014	84	5	9	2	3	102	
2015	1669	100	173	35	66	2043	2015	96	6	10	2	4	118	
2016	1619	97	168	34	64	1982	2016	93	6	10	2	4	114	
2017	1562	94	163	33	62	1914	2017	90	5	9	2	4	110	
2018	1645	100	172	35	66	2018	2018	95	6	10	2	4	116	
2019	1592	97	167	34	64	1954	2019	92	6	10	2	4	112	
2020	1605	99	169	35	65	1973	2020	92	6	10	2	4	113	
2021	1620	101	171	36	66	1994	2021	93	6	10	2	4	115	
2022	1600	101	170	36	66	1973	2022	92	6	10	2	4	113	
2023	1614	103	172	37	67	1993	2023	93	6	10	2	4	115	
2024	1612	104	173	38	68	1995	2024	93	6	10	2	4	115	
2025	1609	105	174	39	69	1996	2025	93	6	10	2	4	115	
2026	1615	107	176	40	70	2008	2026	93	6	10	2	4	116	
2027	1613	108	177	41	71	2010	2027	93	6	10	2	4	116	
2028	1615	110	179	42	72	2018	2028	93	6	10	2	4	116	
2029	1617	112	181	43	73	2026	2029	93	6	10	2	4	117	
2030	1617	114	183	44	74	2032	2030	93	7	11	3	4	117	

Tahun	Angka Kematian Balita (AKABA)					
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total
2011	83	5	9	2	3	102
2012	96	6	10	2	4	117
2013	110	7	11	2	4	134
2014	89	5	9	2	4	109
2015	103	6	11	2	4	126
2016	100	6	10	2	4	122
2017	96	6	10	2	4	118
2018	101	6	11	2	4	124
2019	98	6	10	2	4	120
2020	99	6	10	2	4	121
2021	100	6	11	2	4	123
2022	98	6	10	2	4	121
2023	99	6	11	2	4	123
2024	99	6	11	2	4	123
2025	99	6	11	2	4	123
2026	99	7	11	2	4	123
2027	99	7	11	3	4	124
2028	99	7	11	3	4	124
2029	99	7	11	3	4	125
2030	99	7	11	3	5	125

Tahun	Angka Kematian Ibu (AKI)					
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total
2011	4	0	0	0	0	5
2012	5	0	1	0	0	6
2013	6	0	1	0	0	7
2014	5	0	0	0	0	6
2015	6	0	1	0	0	7
2016	5	0	1	0	0	7
2017	5	0	1	0	0	6
2018	5	0	1	0	0	7
2019	5	0	1	0	0	7
2020	5	0	1	0	0	7
2021	5	0	1	0	0	7
2022	5	0	1	0	0	7
2023	5	0	1	0	0	7
2024	5	0	1	0	0	7
2025	5	0	1	0	0	7
2026	5	0	1	0	0	7
2027	5	0	1	0	0	7
2028	5	0	1	0	0	7
2029	5	0	1	0	0	7
2030	5	0	1	0	0	7

Tahun	Total Mortalitas					
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	Total
2011	165	10	17	3	6	202
2012	190	11	20	4	7	232
2013	218	13	23	5	9	267
2014	178	11	18	4	7	217
2015	204	12	21	4	8	250
2016	198	12	21	4	8	242
2017	191	12	20	4	8	234
2018	201	12	21	4	8	247
2019	195	12	20	4	8	239
2020	196	12	21	4	8	241
2021	198	12	21	4	8	244
2022	196	12	21	4	8	241
2023	197	13	21	5	8	244
2024	197	13	21	5	8	244
2025	197	13	21	5	8	244
2026	198	13	22	5	9	246
2027	197	13	22	5	9	246
2028	198	13	22	5	9	247
2029	198	14	22	5	9	248
2030	198	14	22	5	9	249

Proyeksi Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini
2011	213.654	23.186	39.322	5.845	10.410
2012	215.006	23.266	39.461	5.873	10.463
2013	215.006	23.266	39.461	5.873	10.463
2014	216.559	23.358	39.622	5.905	10.524

Sumber : BPS Nias Selatan

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini
2015	217.538	23.416	39.724	5.926	10.564
2016	219.138	23.512	39.891	5.959	10.628
2017	220.714	23.605	40.053	5.992	10.691
2018	222.224	23.694	40.209	6.023	10.750
2019	223.817	23.789	40.374	6.057	10.814
2020	225.353	23.879	40.532	6.089	10.875
2021	226.909	23.971	40.693	6.121	10.936
2022	228.478	24.063	40.855	6.154	10.998
2023	230.024	24.153	41.014	6.186	11.059
2024	231.587	24.246	41.175	6.218	11.120
2025	233.149	24.338	41.335	6.250	11.181
2026	234.705	24.429	41.495	6.282	11.243
2027	236.268	24.521	41.655	6.314	11.304
2028	237.829	24.611	41.814	6.347	11.366
2029	239.391	24.702	41.974	6.379	11.427
2030	240.955	24.792	42.133	6.411	11.488

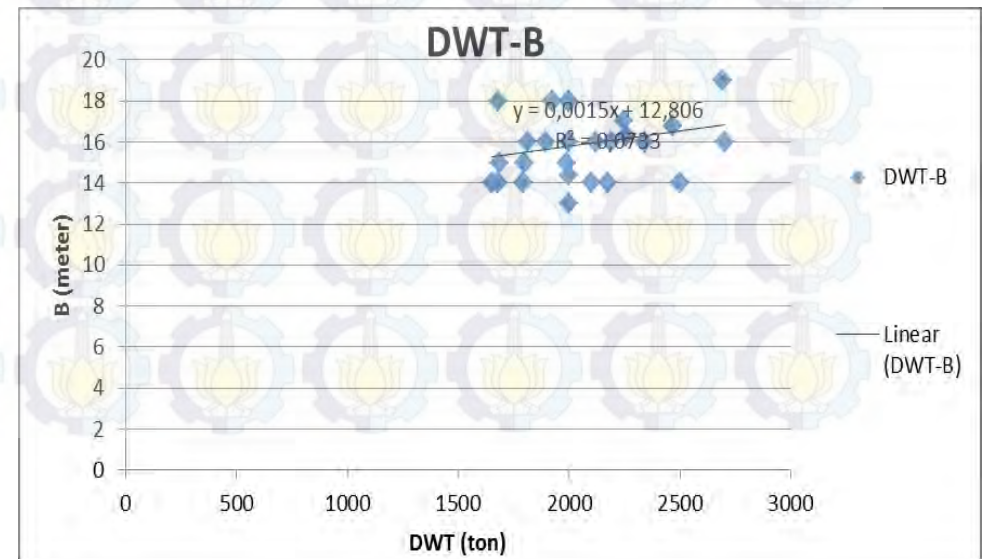
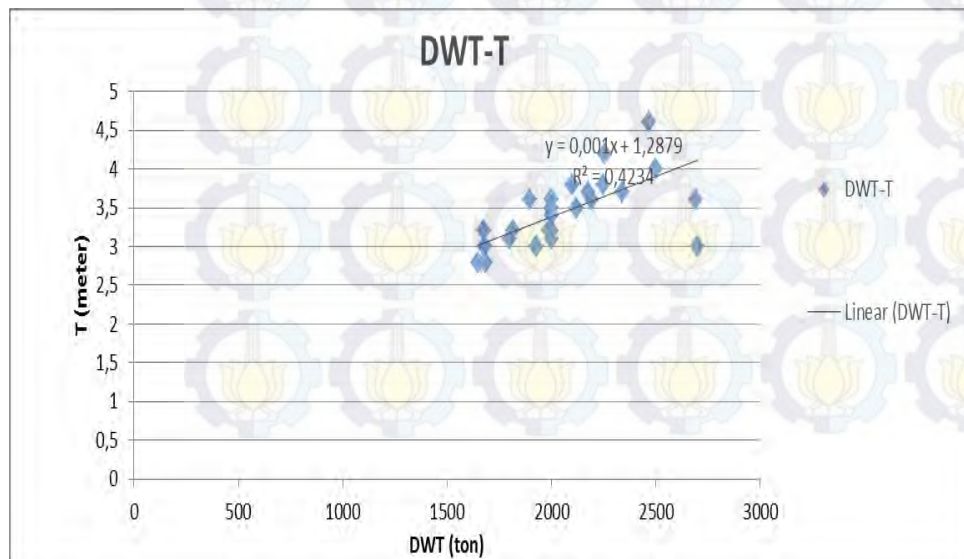
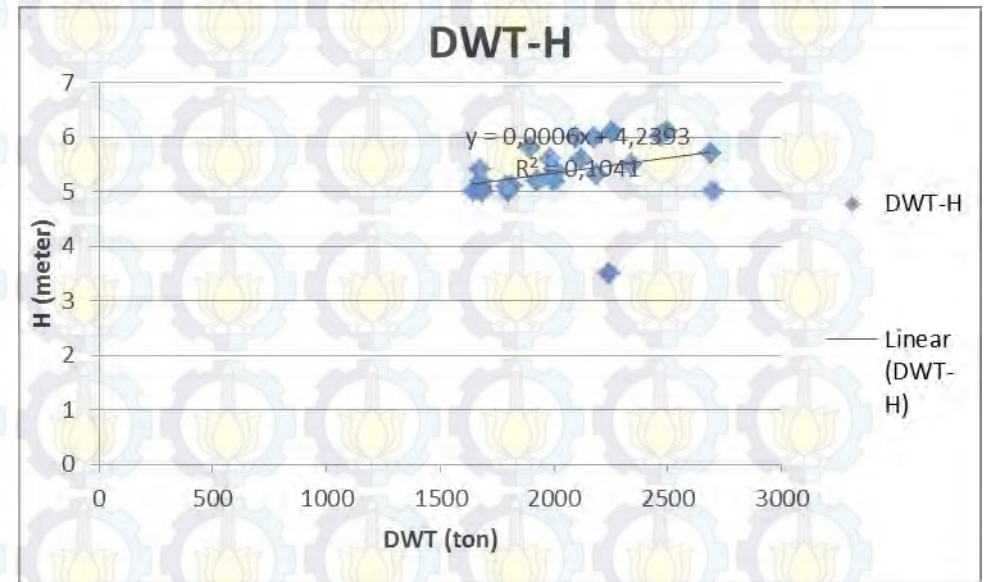
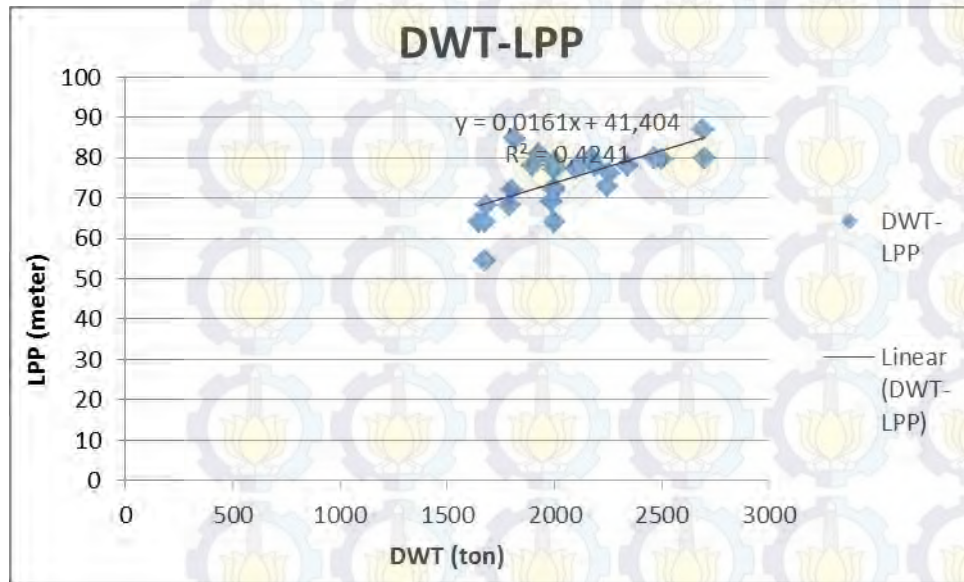
Kebutuhan Logistik Bencana

Tahun	Jumlah Supply (Ton)					Total
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini	
2015	1141	177	288	57	89	1752
2016	1149	177	289	58	89	1763
2017	1157	178	291	58	90	1774
2018	1165	179	292	58	90	1784
2019	1173	179	293	58	91	1794
2020	1181	180	294	58	91	1805
2021	1189	181	295	59	92	1815
2022	1197	181	296	59	92	1825
2023	1205	182	297	59	92	1836
2024	1213	182	298	59	93	1846
2025	1222	183	299	60	93	1857
2026	1230	184	300	60	94	1867
2027	1238	184	301	60	94	1878
2028	1246	185	303	60	94	1888
2029	1254	186	304	60	95	1898
2030	1262	186	305	61	95	1909

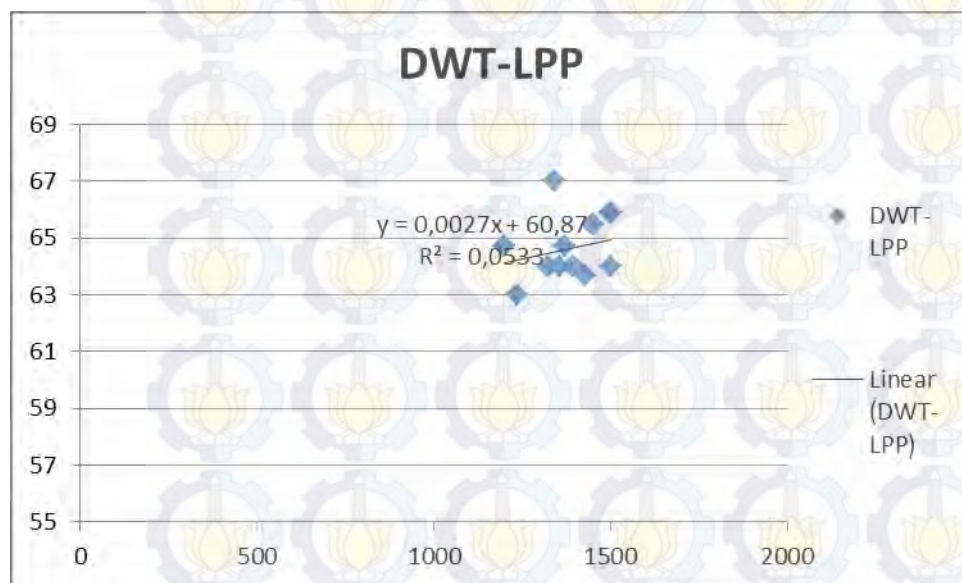
Kapal Pembanding dan Ukuran Utama 1 Periode (7 Hari)

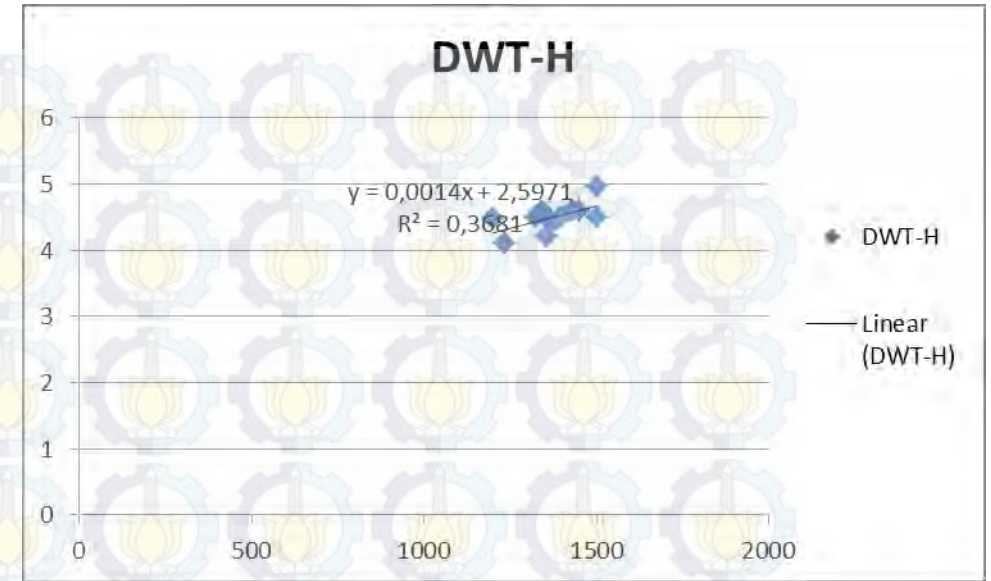
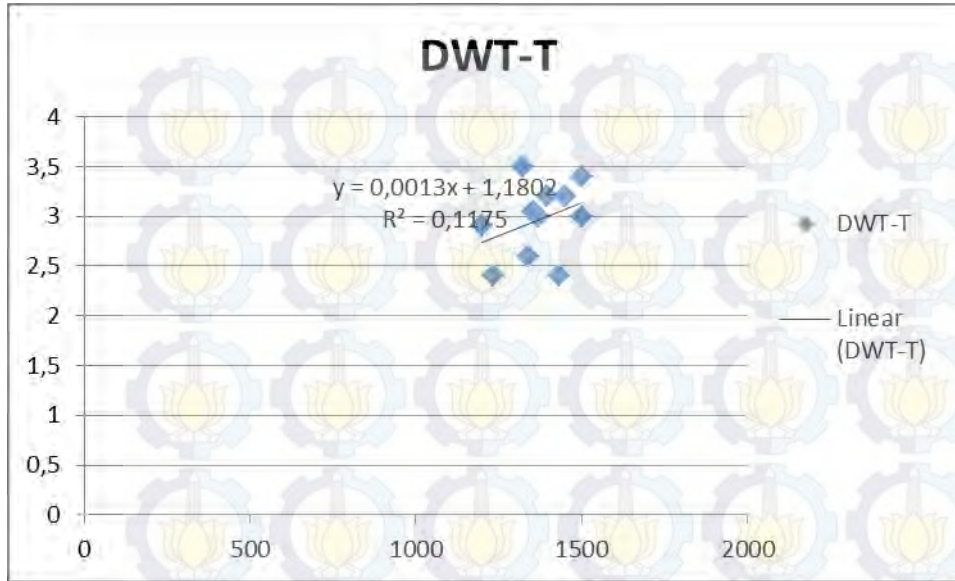
No	Nama Kapal	loa	lpp	b	h	gt	dwt	t	tahun	bhp	main engine (kw)	auxelary engine (kw)	vs
1	ADINDA DIZA		78,1	16	5,5		2341	3,7	2006				8,5
2	DL SCORPIO		78	16	5,6		2121	3,5	2012				8,5
3	JARYEH		64	14	5,2		1680	3	2014				7,6
4	RAZAN 1		64	14	5		1650	2,8	2014				7,0
5	NAAYEM		64	14	5,4		1677	3,2	2015				7,5
6	VOYAGER SEVEN		69	15	5,6		1987	3,2	2012				9,0
7	SHERVIN		72	15	5		1800	3,1	2014				9,0
8	CIPTA JAYA HARAPAN 7		79,43	14	6,1		2500	4	2013				8,0
9	CITIMAX 9		76	16,3	6,08		2256	4,2	2013				9,8
10	FADAK		78	16	5,8		1897	3,6	2012				7,8
11	COMARCO PALMA		68	15	5		1685	2,8	2014				8,0
12	LCT 708		87	19	5,7		2691	3,6	2013				10,0
13	VIP ASIA JAYA		77,4	14	6		2100	3,8	2013				8,0
14	KINTA PERJAYA		72,5	14,4	5,4		2000	3,5	2012	1658			8,5
15	VIP JAYA		64,01	16	5,3	893	2000	3,2	2013				7,6
16	TOLL KESTREL		84,67	16	5,1	2045	1815	3,2	2012				11,7
17	ARABAHKTAR 5		77	18	5,2	1596	2000	3,1	2013				7,5
18	ALQUWAISAT		80	16,8	6,01	3469	2468	4,6	2013				8,0
19	ALFUTAI SI		80	16,8	6,01	3469	2468	4,6	2013				9,2
20	LEEN ALMELAHIA		81	18	5,2	1271	1927	3	2013				10,2
21	ADINDA HIRA		81	18	5,2	1271	1927	3	2013				8,20
22	METAL HAWK		80	14	6	1647	2176	3,7	2011				7,60
23	MARJAM E KISH 1		80	16	5	1904	2700	3	2009				8,00
24	TOLL SANDFLY		54,47	18	5,1	1273	1680	3	2010				8,40
25	CIPTA JAYA HARAPAN 9		72	13	5,4	928	2000	3,6	2010				9,70
26	DANUM 133		78,1	16	5,3	1670	2191	3,6	2011				9,70
27	REEMA ALMELAHIA		79	18	5,2	1719	2000	3,4	2012				7,90
28	ARABAHKTAR 4		78	18	5,3	1596	2000	3,2	2012				7,40
29	AVIVA 80		73	17	3,5	1321	2245,7	3,8	2013				8,00
30	AGUNG SAMUDRA 9		68	14	5,1	1054	1791,8	2,9	2012				9,00

Regresi Linier Ukuran Kapal



No	Data Kapal Pembanding														
	Nama Kapal	Class	loa	lpp	b	h	gt	dwt	t	tahun	bhp	main engine (kw)	auxelary engine (HP)	vs	v trial
1	BENUA RAYA V	BKI	66,5	64	14	4,95	964	1500	3	2006	1440		380	9	
2	NIAGA JAYA 18	BKI	72	64,7	14	4,48	893	1200	2,9	2007	1000		240	8	
3	NASYDA	BKI	67	63,7	14	4,6	931	1430	2,4	2007	1200		220		
4	PERMATA - 1	BKI	70,8	65,5	13,7	4,6	841	1450	3,2	2009	1298		320		
5	NIAGA JAYA - 19	BKI		65,9	14,3	4,5	911	1500	3,4	2009	1300		320		
6	CIPTA JAYA HARAPAN - 9	BKI		67	13,7	4,6	956	1340	2,6	2010	1230		136		
7	BUMI SARI - 1	BKI	67,6	64	13,5	4,5	1004	1322	3,5	2000	1280		120		
8	BENUA RAYA - V	BKI	66,5	64	15	4,2	964	1356	3,05	2006	1600		320		
9	PERKASA PRIMA - 8	BKI		63	13,5	4,1	808	1235	2,4	2007	1240		200		
10	NAGA JAYA - 18	BKI	72	64,7	14	4,4	893	1371	3	2007	1200		198		
11	BUMI SARI 1	BKI	67,6	64	13,5	4,5	1004	1397	3,2	2000	1280		120		





Variasi Ukuran Kapal

Kapal 1 Periode (3 Hari)		
Item	Nilai	Satuan
Payload	818	Ton
L	51	Meter
B	12,8	Meter
H	3,6	Meter
T	2,8	Meter

Kapal 1 Periode (7 Hari)		
Item	Nilai	Satuan
Payload	1909	Ton
L	75	Meter
B	15,95	Meter
H	5,5	Meter
T	3,38	Meter

Kapal 1 Periode (5 Hari)		
Item	Nilai	Satuan
Payload	1363	Ton
L	65	Meter
B	14,12	Meter
H	4,7	Meter
T	3,13	Meter

Tabel Parameter Optimasi

Parameters		Item	Unit	Symbol	Value
		Payload	Ton		1.363
		Kecepatan Kapal	Knot	Vs	12
		Kecepatan Kapal	m/s	Vs	6
		Kecepatan relatif angin	Knot	Va	14
		Crew	Orang		10
		Bunkering Time	Jam		5
		TRT Maks + Bunkering	Hari	TRT	4,65
		TRT Maks + Bunkering	Jam		111,5
		Commision Days	Hari		330
		Besarnya bunga	% / tahun		10,00%
		Debt	%		70,0%
		Ship Maintenance Cost	% / tahun		5%
		Currency (nilai tukar)			13.615
		Harga-harga :			
		MFO	Rp/MT		2.716.193
		MDO	Rp/MT		5.651.995
		Lub Oil	Rp/lt		15.220
		Baja	\$/ton		800

Tabel Konstanta

	Item	Unit	Symbol	Value
	Massa Jenis Air Laut	ton/m ³	ρ air laut	1,025
	Massa Jenis Air Tawar	ton/m ³	ρ air tawar	1
	Massa Jenis Bahan Bakar (MFO)	ton/m ³	ρ mfo	0,85
	Massa Jenis Bahan Bakar (MDO)	ton/m ³	ρ mdo	0,85
	Massa Jenis Minyak Pelumas	ton/m ³	ρ lub	0,92
	Gaya Gravitasi	m/s ²	g	9,81
	Massa Jenis Baja	kg/m ³	ρ baja	7.850

Tabel Hasil Kalkulasi Teknis Optimasi

Calculation		Item	Unit	Symbol	Value
	Kapasitas	Displacement	Ton	Δ	2323,68
		Deadweight	Ton	DWT	1398,88
		Lightweight	Ton	LWT	796,18
		Total Berat	Ton	DWT+LWT	2195,05
		Selish displacement-berat	%		128,6239
	Consumable	MFO	Ton/Trip	W_{fo}	7,18
		MDO	Ton/Trip	W_{do}	9,13
		Lub Oil	Ton/Trip	W_{lo}	0,18
		Crew Consumable	Ton/Trip	W_{prov}	0,17
		Fresh Water	Ton/Trip	W_{fw}	25,71
	LWT	Hull	Ton	W_{st}	506,8
		Hull Outfitting	Ton	W_{eo}	137,9
		Machinery	Ton	W_{ma}	49,4
		Remainder	Ton	W_r	64,0
		Berat Cadangan	Ton	W_{res}	20,8
	Koefisien	Koefisien Prismatic		C_p	0,609
		Koefisien Midship		C_m	0,969
		Koefisien garis air		C_w	0,741
		Koefisien blok		C_b	0,590
	Titik Berat	Tinggi Titik Berat	m	KG	3,52
		Jarak titik berat dari FP	m	LCG	-41,87
	Titik Apung	Tinggi Titik Apung	m	KB	1,46
		Jarak titik apung dari FP	m	LCB	-12,54
	Tonnage	Tonase Kapal		GT	1231,97
	Auxiliary Engine	Daya Mesin Bantu Total	HP	BHP	268,00
	Engine Power	Daya Mesin Utama	HP		1341,00

Tabel Batasan Optimasi

Constraint	Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
	Froude Number	$Fn = V/(g \cdot Lpp)^{0.5}$				0,24	0,32	Accepted
	Stabilitas	MG pada sudut oleng 0^0	m	MG_0	0,15	2,26		Accepted
		Lengan statis pada sudut oleng $>30^0$	m	LS_{30}	0,2	4,12		Accepted
		Sudut kemiringan pada LS maksimum	deg	LS_{maks}	25	43,39		Accepted
		Lengan dinamis pada 30^0	m.rad	Ld_{30}	0,055	0,54		Accepted
		Lengan dinamis pada 40^0	m.rad	Ld_{40}	0,09	0,86		Accepted
		Luas Kurva GZ antara $30^0 - 40^0$	m.rad		0,03	0,33		Accepted
	Freeboard	F_s	m	F	484,96	659		Accepted
	Displacement	Koreksi displacement	%		2,00%	6,00%	10,00%	Accepted
	Trim	Selish Trim	%		0%	0,536973761%	1,00%	Accepted
		Kondisi Trim				trim buritan		Accepted
	Kapasitas	Payload	%		100%	100,00%	110%	Accepted
	Operasi	TRT Maks	Jam		0	154,88	168,00	Accepted
	Rasio			L/B	3,47	4,60	7,250	Accepted
				L/H	6,50	13,82	14,00	Accepted
				D/T	1,28	1,50	2,400	Accepted
				B/T	2,40	4,51	4,600	Accepted

Fuel Consumption Kapal

Tahun	Time Calculation		Trip on Demand	Konsumsi Bahan Bakar/Trip			Konsumsi Bahan Bakar / tahun			Biaya Bahan Bakar Per Tahun			
	Sea Time	Port Time		MFO	MDO	Lub. Oil	MFO	MDO	Lub. Oil	MFO	MDO	Lub. Oil	Total
	(Hour)	(Hour)		(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Liter)	(Rp.)	(Rp.)	(Rp.)	(Rp.)
2015	29	76,52	73	3,7	2,72	0,117	269,5	198,66	9.315	731.975.190	1.122.804.039	141.781.578	1.996.560.807
2016	29	76,96	73	3,7	2,73	0,118	269,5	199,48	9.332	731.975.190	1.127.459.647	142.028.783	2.001.463.620
2017	29	77,39	73	3,7	2,74	0,118	269,5	200,29	9.348	731.975.190	1.132.034.827	142.271.717	2.006.281.733
2018	29	77,80	73	3,7	2,75	0,118	269,5	201,06	9.363	731.975.190	1.136.411.871	142.504.131	2.010.891.191
2019	29	78,24	73	3,7	2,77	0,118	269,5	201,88	9.379	731.975.190	1.141.044.779	142.750.131	2.015.770.100
2020	29	78,66	73	3,7	2,78	0,118	269,5	202,67	9.395	731.975.190	1.145.499.614	142.986.675	2.020.461.478
2021	29	79,08	73	3,7	2,79	0,119	269,5	203,47	9.410	731.975.190	1.150.014.570	143.226.412	2.025.216.171
2022	29	79,51	73	3,7	2,80	0,119	269,5	204,28	9.426	731.975.190	1.154.562.517	143.467.900	2.030.005.607
2023	29	79,93	73	3,7	2,81	0,119	269,5	205,07	9.442	731.975.190	1.159.045.873	143.705.959	2.034.727.021
2024	29	80,36	73	3,7	2,82	0,119	269,5	205,87	9.458	731.975.190	1.163.578.564	143.946.637	2.039.500.390
2025	29	80,78	73	3,7	2,83	0,119	269,5	206,67	9.474	731.975.190	1.168.101.678	144.186.807	2.044.263.674
2026	29	81,21	73	3,7	2,84	0,120	269,5	207,47	9.489	731.975.190	1.172.611.823	144.426.288	2.049.013.301
2027	29	81,63	73	3,7	2,85	0,120	269,5	208,27	9.505	731.975.190	1.177.140.940	144.666.776	2.053.782.906
2028	29	82,06	73	3,7	2,86	0,120	269,5	209,07	9.521	731.975.190	1.181.658.222	144.906.636	2.058.540.048
2029	29	82,48	73	3,7	2,87	0,120	269,5	209,87	9.537	731.975.190	1.186.179.405	145.146.704	2.063.301.298
2030	29	82,91	73	3,7	2,89	0,120	269,5	210,67	9.552	731.975.190	1.190.702.471	145.386.871	2.068.064.532

Tahun	Time Calculation		Trip on Demand	Konsumsi Bahan Bakar/Trip			Konsumsi Bahan Bakar / tahun			Biaya Bahan Bakar Per Tahun			
	Sea Time	Port Time		MFO	MDO	Lub. Oil	MFO	MDO	Lub. Oil	MFO	MDO	Lub. Oil	Total
	(Hour)	(Hour)		(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Liter)	(Rp.)	(Rp.)	(Rp.)	(Rp.)
2015	41	105,13	53	9,2	6,55	0,164	488,1	349,14	9.480	1.325.895.576	1.973.353.633	144.282.274	3.443.531.483
2016	41	105,74	53	9,2	6,57	0,164	488,1	350,61	9.496	1.325.895.576	1.981.645.595	144.535.084	3.452.076.254
2017	41	106,35	53	9,2	6,60	0,164	488,1	352,05	9.513	1.325.895.576	1.989.794.307	144.783.526	3.460.473.409
2018	41	106,92	53	9,2	6,63	0,164	488,1	353,43	9.528	1.325.895.576	1.997.590.128	145.021.209	3.468.506.913
2019	41	107,53	53	9,2	6,66	0,165	488,1	354,89	9.545	1.325.895.576	2.005.841.660	145.272.786	3.477.010.022
2020	41	108,12	53	9,2	6,68	0,165	488,1	356,29	9.561	1.325.895.576	2.013.776.030	145.514.693	3.485.186.299
2021	41	108,71	53	9,2	6,71	0,165	488,1	357,72	9.577	1.325.895.576	2.021.817.482	145.759.865	3.493.472.923
2022	41	109,31	53	9,2	6,74	0,166	488,1	359,15	9.593	1.325.895.576	2.029.917.692	146.006.829	3.501.820.097
2023	41	109,90	53	9,2	6,76	0,166	488,1	360,56	9.609	1.325.895.576	2.037.902.861	146.250.285	3.510.048.721
2024	41	110,50	53	9,2	6,79	0,166	488,1	361,99	9.625	1.325.895.576	2.045.975.898	146.496.420	3.518.367.894
2025	41	111,10	53	9,2	6,82	0,166	488,1	363,42	9.641	1.325.895.576	2.054.031.879	146.742.035	3.526.669.490
2026	41	111,69	53	9,2	6,84	0,167	488,1	364,84	9.657	1.325.895.576	2.062.064.762	146.986.946	3.534.947.284
2027	41	112,29	53	9,2	6,87	0,167	488,1	366,27	9.674	1.325.895.576	2.070.131.435	147.232.887	3.543.259.897
2028	41	112,88	53	9,2	6,90	0,167	488,1	367,69	9.690	1.325.895.576	2.078.177.028	147.478.185	3.551.550.789
2029	41	113,48	53	9,2	6,92	0,167	488,1	369,11	9.706	1.325.895.576	2.086.229.569	147.723.695	3.559.848.841
2030	41	114,07	53	9,2	6,95	0,168	488,1	370,54	9.722	1.325.895.576	2.094.285.466	147.969.308	3.568.150.349

Tabel Kalkulasi Ekonomi Optimasi

		Item	Unit	Value
Shipping Cost	Investment	Hull	Rupiah	Rp 6.367.077.024
		Machinery (ME,AE)	Rupiah	Rp 12.299.417.447
		Hull Outfitting	Rupiah	Rp 34.730.396.451
		Non weight cost	Rupiah	Rp 5.339.689.092
		Capital Cost Total	Rupiah	Rp 58.736.580.014
	Operating Cost	Gaji crew + Insentif	Rupiah/tahun	Rp 923.640.000
		Reparasi dan perawatan	Rupiah/tahun	Rp 2.890.260.944
		Store and Lubricants	Rupiah/tahun	Rp 664.760.017
		Insurance	Rupiah/tahun	Rp 872.567.837
		Operational Cost Total	Rupiah/tahun	Rp 5.351.228.798
	Voyage Cost	Biaya MFO	Rupiah/tahun Pertama	Rp 731.975.190
		Biaya MDO	Rupiah/tahun Pertama	Rp 1.122.804.039
		Biaya Pelabuhan	Rupiah/tahun Pertama	Rp 98.383.736
		Voyage Cost Total	Rupiah/tahun Pertama	Rp 1.953.162.965
	Cargo Handling Cost		Rupiah/tahun Pertama	Rp 2.284.230.448
Loan	Loan Repayment	Ship	Rupiah/tahun	Rp 5.405.624.011
Unit Cost	Unit Cost	Total Biaya	Rupiah/tahun pertama	Rp 14.994.246.222
		Supply	Ton	99.530
		Unit Cost Tahun Pertama	Rp/Ton	Rp 132.880
		Unit Cost Tahun Pertama	Rp/Ton/Nm	Rp 380

Tabel Rekapitulasi Total Biaya Transportasi Tahun Pertama (7 Hari)

Item		Cost
Investment		Rp 75.875.464.094
Operational Cost	Manning Cost	Rp 994.200.000
	Store Cost	Rp 358.941.152
	Maintenance & Repair Cost	Rp 3.793.773.205
	Insurance Cost	Rp 872.567.837
	Total	Rp 6.019.482.194
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MFO	Rp 1.292.948.756
	MDO 2015	Rp 1.973.353.633
	Total	Rp 3.266.302.388
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI		Rp 85.161.248.676

Biaya Transportasi per Trip

Item		Cost
Capital Cost		Rp 131.753.654
Operational Cost	Store Cost	Rp 6.902.714
	Maintenance & Repair Cost	Rp 72.957.177
	Insurance Cost	Rp 16.780.151
	Manning Cost	Rp 19.119.231
	Total	Rp 247.512.927
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MFO	Rp 24.864.399
	MDO 2015	Rp 37.949.108
	Total	Rp 62.813.507
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI		Rp 310.326.435

Tabel Unit Cost tiap Pulau

Rata - rata Unit Cost 1 Periode (7 Hari)		
Tahun	Nilai	
2015	Rp	174.918
2016	Rp	173.942
2017	Rp	172.994
2018	Rp	172.097
2019	Rp	171.159
2020	Rp	170.268
2021	Rp	169.374
2022	Rp	168.485
2023	Rp	167.618
2024	Rp	166.751
2025	Rp	165.896
2026	Rp	165.053
2027	Rp	164.216
2028	Rp	163.390
2029	Rp	162.573
2030	Rp	161.764

Tahun	Pulau				
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini
2015	Rp268.654	Rp1.733.404	Rp1.063.246	Rp5.349.527	Rp3.444.179
2016	Rp266.856	Rp1.727.880	Rp1.059.600	Rp5.330.947	Rp3.428.991
2017	Rp265.110	Rp1.722.520	Rp1.056.085	Rp5.312.904	Rp3.414.286
2018	Rp263.461	Rp1.717.514	Rp1.052.722	Rp5.295.664	Rp3.400.676
2019	Rp261.744	Rp1.712.123	Rp1.049.198	Rp5.277.352	Rp3.386.042
2020	Rp260.111	Rp1.707.111	Rp1.045.840	Rp5.260.317	Rp3.372.161
2021	Rp258.479	Rp1.702.041	Rp1.042.440	Rp5.243.323	Rp3.358.331
2022	Rp256.857	Rp1.696.979	Rp1.039.076	Rp5.225.693	Rp3.344.585
2023	Rp255.279	Rp1.692.005	Rp1.035.763	Rp5.209.057	Rp3.331.067
2024	Rp253.704	Rp1.686.997	Rp1.032.449	Rp5.192.295	Rp3.317.674
2025	Rp252.152	Rp1.682.029	Rp1.029.185	Rp5.175.703	Rp3.304.424
2026	Rp250.625	Rp1.677.151	Rp1.025.953	Rp5.159.067	Rp3.291.162
2027	Rp249.112	Rp1.672.256	Rp1.022.714	Rp5.142.772	Rp3.278.164
2028	Rp247.620	Rp1.667.471	Rp1.019.542	Rp5.126.496	Rp3.265.203
2029	Rp246.146	Rp1.662.726	Rp1.016.373	Rp5.110.371	Rp3.252.369
2030	Rp244.689	Rp1.658.029	Rp1.013.236	Rp5.094.433	Rp3.239.688

Tabel Rekapitulasi Total Biaya Transportasi Tahun Pertama (5 Hari)

Item		Cost
Capital Cost		Rp 58.736.580.014
Operational Cost	Manning Cost	Rp 923.640.000
	Store Cost	Rp 337.041.152
	Maintenance & Repair Cost	Rp 2.936.829.001
	Insurance Cost	Rp 675.470.670
	Total	Rp 4.872.980.823
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MFO	Rp 731.975.190
	MDO 2015	Rp 1.122.804.039
	Total	Rp 1.854.779.229
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI		Rp 65.464.340.066

Biaya Transportasi per Trip

Item		Cost
Capital Cost		Angsuran per Trip
Operational Cost	Store Cost	Rp 4.681.127
	Maintenance & Repair Cost	Rp 40.789.292
	Insurance Cost	Rp 9.381.537
	Manning Cost	Rp 12.828.333
	Total	Rp 140.555.759
Voyage Cost	Fuel Cost	
	MFO	Rp 10.166.322
	MDO 2015	Rp 15.594.501
	Total	Rp 25.760.823
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI		Rp 166.316.582

Tabel Unit Cost tiap Pulau

Rata - rata Unit Cost 1 Periode (5 Hari)		
Tahun	Nilai	
2015	Rp	132.880
2016	Rp	132.122
2017	Rp	131.387
2018	Rp	130.691
2019	Rp	129.964
2020	Rp	129.272
2021	Rp	128.579
2022	Rp	127.889
2023	Rp	127.217
2024	Rp	126.545
2025	Rp	125.881
2026	Rp	125.227
2027	Rp	124.578
2028	Rp	123.937
2029	Rp	123.303
2030	Rp	122.676

Tahun	Pulau				
	Nias Selatan	Pulau Tanah Bala	Pulau Tanah Masa	Pulau Tello	Pulau Pini
2015	Rp132.880	Rp1.316.809	Rp807.713	Rp4.063.859	Rp2.616.429
2016	Rp132.122	Rp1.312.457	Rp804.848	Rp4.049.264	Rp2.604.582
2017	Rp131.387	Rp1.308.234	Rp802.084	Rp4.035.090	Rp2.593.111
2018	Rp130.691	Rp1.304.287	Rp799.441	Rp4.021.549	Rp2.582.487
2019	Rp129.964	Rp1.300.040	Rp796.672	Rp4.007.171	Rp2.571.072
2020	Rp129.272	Rp1.296.088	Rp794.032	Rp3.993.785	Rp2.560.243
2021	Rp128.579	Rp1.292.091	Rp791.360	Rp3.980.427	Rp2.549.450
2022	Rp127.889	Rp1.288.100	Rp788.716	Rp3.966.587	Rp2.538.723
2023	Rp127.217	Rp1.284.179	Rp786.112	Rp3.953.511	Rp2.528.176
2024	Rp126.545	Rp1.280.231	Rp783.506	Rp3.940.337	Rp2.517.722
2025	Rp125.881	Rp1.276.316	Rp780.941	Rp3.927.298	Rp2.507.380
2026	Rp125.227	Rp1.272.469	Rp778.399	Rp3.914.229	Rp2.497.034
2027	Rp124.578	Rp1.268.610	Rp775.854	Rp3.901.420	Rp2.486.888
2028	Rp123.937	Rp1.264.837	Rp773.359	Rp3.888.631	Rp2.476.773
2029	Rp123.303	Rp1.261.094	Rp770.868	Rp3.875.958	Rp2.466.758
2030	Rp122.676	Rp1.257.388	Rp768.401	Rp3.863.430	Rp2.456.860

Tabel Spesifikasi Pelabuhan

Pelabuhan Sibolga		
Faktor - Faktor Pemilihan	Data	Satuan
Faktor Internal		
Efisiensi Fasilitas Bongkar Muat		
Luas Lapangan Penumpukan	61475,87	m2
Panjang Dermaga	250	meter
Jumlah Dermaga (Dermaga Umum)	9	unit
Gudang	2900	m2
Alur Pelayaran		
Panjang	9	mil
Lebar	600	meter
Kedalaman	9	meter
Pasang Tertinggi	1,8	meter
Pasang Terendah	1,2	meter
Kolam Pelabuhan		
Panjang	4,2	Ha
Lebar		meter
Kedalaman	7	meter
Pasang Tertinggi	1,8	meter
Pasang Terendah	1,2	
Port Charges		
Jenis Otoritas Pelabuhan		
Kualitas Pelayanan Pelabuhan		
Pelayanan Barang (General Cargo)	800	ton/hari
Faktor Eksternal Pelabuhan		
Jumlah Mautan dari Hinterland		
Efisiensi Pengurusan Dokumen (Clearance)		
Lokasi Pelabuhan		
Kondisi Pelayanan Transportasi Darat		
Frekuensi Pelayaan Angkutan Feeder		

Pelabuhan Nias Selatan		
Teluk Dalam		
Faktor - Faktor Pemilihan	Data	Satuan
Faktor Internal		
Efisiensi Fasilitas Bongkar Muat		
Luas Lapangan Penumpukan	862	m2
Panjang Dermaga	60	meter
Jumlah Dermaga (Dermaga Umum)		unit
Gudang	400	mil
Alur Pelayaran		
Panjang		meter
Lebar	800	meter
Kedalaman	7,5	meter
Pasang Tertinggi		meter
Pasang Terendah		meter
Kolam Pelabuhan		
Luas	200	meter
Lebar		meter
Kedalaman	7	meter
Pasang Tertinggi	11	meter
Pasang Terendah	3,6	meter
Port Charges		
Jenis Otoritas Pelabuhan		
Kualitas Pelayanan Pelabuhan		
Pelayanan Barang (General Cargo)	600	ton/hari
Faktor Eksternal Pelabuhan		
Jumlah Mautan dari Hinterland		
Efisiensi Pengurusan Dokumen (Clearance)		
Lokasi Pelabuhan		
Kondisi Pelayanan Transportasi Darat		
Frekuensi Pelayaan Angkutan Feeder		

Pelabuhan Tello		
Tello		
Faktor - Faktor Pemilihan	Data	Satuan
Faktor Internal		
Efisiensi Fasilitas Bongkar Muat		
Luas Lapangan Penumpukan		m2
Panjang Dermaga	200	meter
Jumlah Dermaga (Dermaga Umum)		unit
Gudang	600	mil
Alur Pelayaran		
Panjang		meter
Lebar		meter
Kedalaman		meter
Pasang Tertinggi		meter
Pasang Terendah		meter
Kolam Pelabuhan		
Panjang		Ha
Lebar		meter
Kedalaman		meter
Pasang Tertinggi		meter
Pasang Terendah		
Port Charges		
Jenis Otoritas Pelabuhan		
Kualitas Pelayanan Pelabuhan		
Pelayanan Barang (General Cargo)	600	ton/hari
Faktor Eksternal Pelabuhan		
Jumlah Mautan dari Hinterland		
Efisiensi Pengurusan Dokumen (Clearance)		
Lokasi Pelabuhan		
Kondisi Pelayanan Transportasi Darat		
Frekuensi Pelayaan Angkutan Feeder		

Jarak	X	A	B	C	D	E
1	2	3	4	5	6	7
X	0	10,7451	12,6138	12,96422	11,4459	16,7016
A	10,7451	0	5,30248	5,220725	5,76966	8,09388
B	12,6138	5,30248	0	0,467179	1,75192	4,05278
C	12,9642	5,22072	0,46718	0	2,2191	3,27025
D	11,4459	11,4459	1,75192	2,2191	0	5,37256
E	16,7016	8,09388	4,05278	3,270253	5,37256	0

Asal	Tujuan	Rute	Waktu	Connection
X	A	XA	11	1
X	B	XB	13	0
X	C	XC	13	0
X	D	XD	11	0
X	E	XE	17	0
A	B	AB	5	1
A	C	AC	5	0
A	D	AD	6	0
A	E	AE	8	0
B	C	BC	0	1
B	D	BD	2	0
B	E	BE	4	0
C	D	CD	2	1
C	E	CE	3	0
D	E	DE	5	1
A	X	AX	11	0
B	X	BX	13	0
C	X	CX	13	0

Titik	Tour Sequence
X	6
A	1
B	2
C	3
D	4
E	5
Waktu Minimum	41

Gambar Input Data Optimasi Solver

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

☐ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method

Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Gambar Input Data *Solver* Dengan Objective Function Minimum Waktu

BIODATA PENULIS



I MADE KARUNA YUGA lahir di Buleleng, Bali pada tanggal 22 Maret 1992. Penulis yang biasa dipanggil Yuga ini merupakan anak kedua dari 2 bersaudara yang memiliki hobi menonton film dan berolahraga. Penulis memulai pendidikan di Umejero, Buleleng diawali dengan taman kanak-kanak Widya Sabha, lalu menempuh pendidikan dasar di SDN 1 Umejero hingga tahun 2004. Lalu penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Busungbiu hingga tahun 2007. Setelah lulus, penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Singaraja dan lulus pada tahun 2010. Setelah itu penulis masuk di Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS dengan mengambil bidang studi Transportasi Laut melalui jalur PMDK Prestasi.

Selama masa studinya di ITS penulis juga aktif dalam kegiatan yang diadakan di dalam kampus ITS. Amanah yang pernah diterima penulis adalah sebagai ketua *Gathering* Tim Pembina Kerohanian Hindu (TPKH) periode 2010 – 2011 serta aktif menjadi staf ahli Humas di organisasi kerohanian tersebut. Selain *soft skill* penulis juga menambah pengetahuan dengan pernah melakukan kerja praktek di PT. Pelindo II cabang Tanjung Priok dan PT. Pelni cabang Surabaya

Penulis juga sempat menjadi tim futsal TPHK dengan prestasi menjadi juara 2 dalam kejuaraan futsal yang diadakan KMHD Universitas Indonesia pada tahun 2013.

imade.karuna@gmail.com